



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CARRERA AGRONOMÍA

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

**USO DE BIOCONTROLADORES SOBRE *Erwinia* sp. EN
PITAHAYA (*Selenicereus undatus*) EN CHONGONCITO,
GUAYAS**

AUTOR

ORDOÑEZ INTRIAGO ODALYS DEL ROCIO

TUTOR

ING. VILLÓN LEORO HENRY PAÚL MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **USO DE BIOCONTROLADORES SOBRE *Erwinia* sp. EN PITAHAYA (*Selenicereus undatus*) EN CHONGONCITO, GUAYAS**, realizado por la estudiante **ORDOÑEZ INTRIAGO ODALYS DEL ROCIO**; con cédula de identidad N° **0951315449** de la carrera **AGRONOMÍA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Villón Leoro Henry". The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Villón Leoro Henry, M.Sc.

Guayaquil, 01 de abril del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA AGRONOMÍA

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: "**USO DE BIOCONTROLADORES SOBRE *Erwinia* sp. EN PITAHAYA (*Selenicereus undatus*) EN CHONGONCITO, GUAYAS**", realizado por la estudiante **ORDOÑEZ INTRIAGO ODALYS DEL ROCIO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Darlyn Amaya Márquez, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Antonio Alava Murillo, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Ricardo Moreira Macias, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Henry Villón Leoro, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 17 de junio del 2026

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico esta tesis a mi mamá Gloria Ordoñez, por ser mi mayor inspiración y motivación, el pilar más importante para seguir adelante en los momentos más difíciles de toda esta trayectoria. Este logro también es tuyo, porque detrás de cada paso que di estuvieron tu esfuerzo, dedicación y amor. Espero que este logro sea motivo de orgullo y una muestra de que cada uno de tus sacrificios ha valido la pena.

A mis hermanitos Nathaly y Omar, quiénes han sido mi compañía y una de mis mayores inspiraciones para seguir adelante.

A mi novio Jorge Solórzano, quien ha sido un apoyo fundamental. Gracias por acompañarme en cada etapa de este camino, por creer en mis capacidades y por impulsarme a seguir adelante.

A mi mejor amiga, Jenniffer Lascano, por ser una persona incondicional en mi vida y por creer siempre en mí, por escucharme, animarme y acompañarme en cada etapa de este camino.

Este logro también va dirigido a mis amigos Katherine Navarrete y Steeven Avilés, quienes fueron mucho más que compañeros de clase durante esta etapa universitaria e hicieron que todo sea más llevadero.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía en todo momento y por darme la oportunidad y la fortaleza necesarias para culminar este proyecto académico.

A mi mamá, el ser más importante de mi vida, mi más sincero agradecimiento por su apoyo constante, sus consejos y su confianza, que fueron fundamentales para seguir adelante.

Expreso un especial agradecimiento a mi tutor de tesis, el Ing. Henry Villón, por su orientación, paciencia, su compromiso, profesionalismo y disposición para guiarme fueron fundamentales para culminar con éxito esta importante etapa académica.

.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **ORDOÑEZ INTRIAGO ODALYS DEL ROCIO**, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre **"USO DE BIOCONTROLADORES SOBRE *Erwinia* sp. EN PITAHAYA (*Selenicereus undatus*) EN CHONGONCITO, GUAYAS"**, para optar el título de **INGENIERA AGRÓNOMA**, 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(a) 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.

Guayaquil, 17 de junio del 2026



ORDOÑEZ INTRIAGO ODALYS DEL ROCIO

C.I. 0951315449

RESUMEN

La pudrición blanda constituye una de las principales limitantes fitosanitarias en el cultivo de pitahaya, generando pérdidas significativas en producción y calidad. El presente estudio tuvo como objetivos identificar el agente causal de la enfermedad, evaluar la incidencia y severidad de la pudrición blanda tras la aplicación de biocontroladores y analizar su efecto sobre variables vegetativas y productivas del cultivo en la localidad de Chongoncito, provincia del Guayas. La identificación del patógeno se realizó mediante análisis de laboratorio y técnicas moleculares, determinándose que el agente asociado a la pudrición blanda pertenece al género *Chryseobacterium*, con una similitud del 95.67% con *Chryseobacterium flavum*, descartando a *Erwinia* como agente causal principal. En cuanto a la incidencia y severidad, los resultados mostraron condiciones iniciales homogéneas entre tratamientos. La comparación global entre evaluaciones iniciales y finales evidenció una reducción estadísticamente significativa de ambas variables; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, ni en la severidad final ni en el análisis individual por tratamiento. Respecto a las variables vegetativas y productivas, como número de botones florales, flores y frutos, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos evaluados, aunque se presentaron variaciones numéricas. En conjunto, los resultados indican que los biocontroladores evaluados no generaron efectos diferenciales significativos entre tratamientos, pero sí se evidenció una disminución general de la enfermedad a lo largo del tiempo, lo que sugiere su posible integración dentro de estrategias de manejo integrado de la pudrición blanda en pitahaya.

Palabras clave: *Biocontroladores, Chryseobacterium, pudrición blanda, pitahaya*

ABSTRACT

Soft rot is one of the main phytosanitary constraints affecting pitahaya cultivation, causing significant losses in fruit yield and quality. This study aimed to identify the causal agent of the disease, evaluate the incidence and severity of soft rot after the application of biocontrol agents, and determine their effects on vegetative and productive variables of the crop in Chongoncito, Guayas Province. Pathogen identification was performed through laboratory and molecular analyses, revealing that the bacterium associated with soft rot belongs to the genus *Chryseobacterium*, showing 95.67% similarity with *Chryseobacterium flavum*, which ruled out *Erwinia* as the primary causal agent. The evaluation of disease incidence and severity showed a significant reduction between the initial and final assessments; however, no significant differences were detected among treatments. Likewise, vegetative and productive variables, including the number of floral buds, flowers, and fruits, did not show statistically significant differences among treatments, despite slight numerical variations. Overall, the evaluated biocontrol agents did not produce differential effects among treatments, although the general reduction of the disease suggests their potential use as part of integrated management strategies for soft rot in pitahaya cultivation.

Keywords: *Biocontrol agents, Chryseobacterium, soft rot, pitahaya*

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
Autorización de Autoría Intelectual	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
<i>1.2.1 Planteamiento del problema</i>	<i>15</i>
<i>1.2.2 Formulación del problema</i>	<i>15</i>
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos.....	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Estado del arte.....	17
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática	19
<i>2.2.1 Descripción taxonómica y botánica de la planta</i>	<i>19</i>
<i>2.2.3 Pudrición blanda.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.4 Erwinia carotovora.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.4.1. Taxonomía de Erwinia carotovora.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.4.2. Modo de acción de Erwinia carotovora</i>	<i>20</i>
<i>2.2.5 Taxonomía de Chryseobacterium flavum.....</i>	<i>21</i>
<i>2.2.6 Patógeno</i>	<i>21</i>
<i>2.2.7 Incidencia y severidad.....</i>	<i>22</i>
<i>2.2.8 Biocontrol.....</i>	<i>22</i>
<i>2.2.9 Mecanismo de acción de Trichoderma harzianum</i>	<i>23</i>
<i>2.2.10 Mecanismo de acción de Bacillus subtilis</i>	<i>23</i>
<i>2.2.12 Mecanismo de acción de Pseudomonas fluorescens</i>	<i>24</i>

2.3 Marco legal.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Enfoque de la investigación	27
3.1.1 <i>Tipo y alcance de la investigación</i>	27
3.1.2 <i>Diseño de la investigación</i>	¡Error! Marcador no definido.
3.2 Metodología	28
3.2.1 <i>Variables</i>	28
3.2.2 <i>Tratamientos</i>	29
3.2.3 <i>Diseño experimental</i>	30
3.2.4 <i>Recolección de datos</i>	31
3.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	34
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Identificación a nivel laboratorio del patógeno causante de la pudrición blanda en muestras de pitahaya afectadas.....	36
4.2 Determinación del nivel de incidencia y severidad de pudrición blanda en pitahaya en Chongoncito, Guayas.....	37
4.2.1 <i>Incidencia</i>	37
4.2.2 <i>Severidad</i>	39
4.3 Comparar las características vegetativas y productivas de las plantas de pitahaya antes y después de la aplicación con biocontroladores.....	41
4.3.1 <i>Número de botones florales antes y después de la aplicación de los biocontroladores</i>	41
4.3.2 <i>Número de flores antes y después de la aplicación de los biocontroladores</i>	43
4.3.3 <i>Número de frutos antes y después de la aplicación de los biocontroladores</i>	44
5. DISCUSIÓN	45
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
6.2 Conclusiones.....	47
6.3 Recomendaciones.....	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de severidad de podredumbre blanda	22
Tabla 2. Descripción de los tratamientos experimentales	29
Tabla 3. Delimitación del experimento	30
Tabla 4. Modelo de análisis de varianza	330
Tabla 5. Identificación del patógeno causante de la pudrición blanda.....	36
Tabla 6. Incidencia inicial %.....	36
Tabla 7. Incidencia final %.....	37
Tabla 8. Comparación de incidencia inicial vs final.....	38
Tabla 9. Severidad inicial %	38
Tabla 10. Severidad final %.....	39
Tabla 11. Comparación entre severidad inicial vs final.....	40
Tabla 12. Número de botones al inicio, 15, 30, 45 y 60 días.....	41
Tabla 13. Número de flores entre tratamientos a los 15, 30, 45 y 60 días.....	42
Tabla 14. Número de frutos entre tratamientos a los 30, 45 y 60 días.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra de cultivo para enviar a laboratorio.....	35
Figura 2. Croquis del trabajo experimental en campo.....	53
Figura 3. Vista satelital de la hacienda	53
Figura 4. Conteo de botones florales	54
Figura 5. Cultivo de pitahaya.....	54
Figura 6. Sintomatología de <i>Erwinia</i> sp en pitahaya.....	55
Figura 7. Etiqueta de <i>Trichoderma harzianum</i>	55
Figura 8. Etiqueta de <i>Bacillus subtilis</i>	56
Figura 9. Corte de cintas para distinción de tratamientos	56
Figura 10. Colocación de cintas para delimitación de tratamientos	57
Figura 11. Asperjando productos microbiológicos	57
Figura 12. Preparación de medios de cultivo.....	58
Figura 13. Videollamada con el tutor.....	58
Figura 14. Gel de agarosa mostrando la amplificación de ADN.....	59
Figura 15. Cultivo de <i>Trichoderma harzianum</i>	59
Figura 16. Cultivo de <i>Bacillus subtilis</i>	60
Figura 17. Cultivo de <i>Pseudomonas fluorescens</i>	60
Figura 18. Réplicas de cultivo de bacteria.....	61
Figura 19. Protocolo de desinfección de bacteria para cultivo.....	61
Figura 20. Datos transformados de incidencia vs severidad.....	62
Figura 21. Comparación entre incidencia inicial y final para T1.....	63
Figura 22. Comparación entre incidencia inicial y final para T2.....	63
Figura 23. Comparación entre incidencia inicial y final para T3.....	64
Figura 24. Comparación entre incidencia inicial y final para T4.....	64
Figura 25. Prueba de Wilcoxon: comparación incidencia inicial vs final.....	65
Figura 26. ANOVA severidad inicial y final con datos transformados.....	65
Figura 27. Prueba Wilcoxon: comparación severidad inicial vs final.....	66
Figura 28. Comparación entre severidad inicial y final para T1.....	66
Figura 29. Comparación entre severidad inicial y final para T2.....	67
Figura 30. Comparación entre severidad inicial y final para T3.....	67
Figura 31. Comparación entre severidad inicial y final para T4.....	68
Figura 32. Prueba Kruskal Wallis del número de botones.....	68

Figura 33. Prueba Kruskal-Wallis del número de flores.....	69
Figura 34. Prueba Kruskal-Wallis del número de frutos	69

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

En la actualidad Ecuador se considera un excelente exportador de productos tropicales, la pitahaya en particular demuestra un notable potencial de expansión en los últimos años, de la misma forma, domina exigentes mercados de consumo como Estados Unidos y diversos países de la Unión Europea y China. En 2023, la pitahaya sumó US\$ 172 millones y 54380 toneladas en exportaciones, frente a las 1935 toneladas (valoradas en US\$ 12.9 millones) de 2017. En solo siete años, el volumen se incrementa en un 2710%, mientras que los ingresos crecieron en un 1223%. El año pasado, las exportaciones de pitahaya llegaron a 22 países (Vivar, 2024)

Bacterias como *Erwinia sp.* Son capaces de vivir en condiciones de escasez de oxígeno Peña (2022). La pudrición blanda se manifiesta con la formación de manchas amarillas sobre los tallos, presenta un aspecto acuoso y un olor fuerte y desagradable, con matices fermentados, representa una de las principales amenazas para el cultivo de pitahaya, afectan tallos y frutos. Si no se utiliza el tratamiento adecuado puede resultar en la pérdida total de la planta Diaz y Molina (2024) lo que puede llegar a generar hasta el 100% de daño en la cosecha, lo cual ocasiona grandes pérdidas económicas (Portela et al., 2011).

Las especies del género *Trichoderma* mejoran el crecimiento de las plantas, lo que favorece el desarrollo de la raíz, la captación de nutrientes y la resistencia al estrés abiótico, con lo cual se mejora su productividad en el campo León (2023).

Los hongos *Trichoderma* muestran potencial en la agricultura para el biocontrol de fitopatógenos fúngicos y la estimulación del crecimiento de las plantas, lo que ofrece una alternativa verde a los pesticidas químicos (Nowak et al., 2022).

Las especies de *Bacillus* controlan de manera biológica de manera eficaz enfermedades de las plantas a través de compuestos antimicrobianos, competencia por nutrientes y resistencia sistémica con nuevos mecanismos como interferencia a la detección de quórum de patógenos y la remodelación de la microbiota del suelo. Zhang et al (2023) Plantas inoculadas con *Bacillus subtilis* demuestran tener una menor incidencia de la enfermedad (36%).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El cultivo de pitahaya (*Selenicereus undatus*) adquiere gran relevancia económica en el país, es uno de los principales productos de exportación no tradicionales. Sin embargo, en la parroquia Chongón, se identifica una alta incidencia de pudrición blanda, patógeno fitosanitario responsable de significativas pérdidas productivas.

En la parroquia Chongón, la presencia de esta bacteria genera un gran impacto negativo en la producción y rendimiento del cultivo de pitahaya, lo que compromete la rentabilidad de los productores locales. Aunque el control químico se considera la estrategia más utilizada, su efectividad frente a pudrición blanda es limitada, además de representar riesgos ambientales y para la salud humana.

La pudrición blanda en pencas y tallo de la planta compromete el desarrollo y reduce el rendimiento del cultivo. Pese a la implementación de estrategias de control químico, estos demuestran ser ineficaces contra esta bacteria.

1.2.2 Formulación del problema

¿La aplicación de *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* reducirán la incidencia y severidad de pudrición blanda? en el cultivo de pitahaya?

1.3 Justificación de la investigación

El cultivo de pitahaya (*Selenicereus undatus*) posee gran relevancia económica en el país, es uno de los productos no tradicionales con mayor demanda en los mercados de exportación. Sin embargo, su producción se ve amenazada por enfermedades bacterianas, donde la pudrición blanda, es una de las principales causantes de grandes pérdidas productivas y económicas ya que afecta las pencas, el tallo de la planta y sus frutos.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de biocontroladores como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de pitahaya, como una alternativa frente a la pudrición blanda.

Se realizó a través de la aplicación de estos biocontroladores a manera de pulverizaciones foliares en condiciones locales de cultivo, observando la eficacia de los mismos para reducir la incidencia de la enfermedad para finalmente realizar una comparación de los resultados obtenidos con las prácticas de control químico convencionales.

La finalidad de este proyecto es ofrecer una alternativa viable que permita mejorar la sanidad del cultivo de pitahaya, además de incrementar la productividad y a su vez disminuir la dependencia de productos químicos dañinos. Asimismo, los resultados obtenidos, no solo benefician a la producción agrícola de la parroquia Chongón, sino que también aportarán conocimientos que serán útiles para fortalecer el manejo integrado de enfermedades en cultivos frutales de importancia comercial.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** La presente investigación se realizó en la hacienda “Esther María” en Chongoncito en la parroquia Chongón, en la provincia del Guayas, km 24 Vía a la Costa, con las siguientes coordenadas UTM: X: 601709; Y: 9750232
- **Tiempo:** El período de tiempo que tomó esta investigación fue de seis meses.
- **Población:** Esta investigación está dirigida a la comunidad científica, a la comunidad universitaria que requiera de este tipo de información y a los agricultores en general.

1.5 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* para el control biológico de podredumbre blanda. en el cultivo pitahaya en Chongoncito, Guayas.

1.6 Objetivos específicos

- Identificar a nivel de laboratorio el patógeno causante de pudrición blanda en muestras de pitahaya afectadas.
- Determinar el nivel de incidencia y severidad de podredumbre blanda en Chongoncito, Guayas.
- Comparar las características reproductivas de las plantas de pitahaya antes y después de la aplicación con biocontroladores.

1.7 Hipótesis o idea a defender

Hipótesis investigativa: El uso de biocontroladores como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* disminuyen la incidencia y severidad de podredumbre blanda en el cultivo de pitahaya.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Un estudio de Abbel et al. (2020) confirmó que el uso de *T. harzianum* y *B. subtilis* como biocontroladores en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L., variedad Diamond) bajo condiciones de campo en Egipto, donde se empleó aplicaciones al suelo y pulverizaciones foliares previas a la siembra. Los resultados mostraron que ambos biocontroladores protegió de manera efectiva a los tubérculos de papa contra la pudrición blanda, lo que reduce de forma significativa la incidencia de la enfermedad en campo. Se observó un aumento en la actividad de enzimas relacionadas con los mecanismos de defensa de la planta, como peroxidasa, polifenol oxidasa y quitinasa. Estos hallazgos confirman que su uso de representa una alternativa biológica, sostenible y eficaz para el manejo de pudrición blanda.

En una evaluación de distintas cepas de *Trichoderma spp.*, incluido *T. harzianum* (aislado TH2), frente a *Erwinia carotovora* causante de la pudrición blanda de la papa. Se observaron halos de inhibición en cultivo de hasta 1.82 cm por parte del TH2, y reducciones significativas en la incidencia de la enfermedad: 26.25% (TV3) y 20% (TH2), frente al 94.25% en el control; además, hubo incremento en el crecimiento de brotes y (Sulaiman et al., 2020).

El estudio de Vargas et al. (2022) identificó a *Erwinia chrysanthemi* (sin. *Dickeya chrysanthemi*) como principal agente causal de la pudrición suave del fruto de banano, con la posible participación conjunta de *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*). Se evaluó diversos microorganismos antagonistas, destacándose que la cepa de *Bacillus subtilis* fue la que presentó el mayor efecto inhibitorio in vitro sobre el patógeno, duplicó los diámetros de inhibición en comparación con otros tratamientos. El efecto de *B. subtilis* se atribuye a su capacidad para producir antibióticos y enzimas líticas que degradan las paredes celulares bacterianas. Aunque en este trabajo no se evaluó directamente a *Pseudomonas fluorescens*, se citan investigaciones previas que reportan niveles aceptables de control de *Erwinia* con este microorganismo en otros cultivos, lo cual respalda su potencial como agente de biocontrol. En conjunto, los resultados evidencian que tanto *B. subtilis* como *P. fluorescens* son alternativas prometedoras para integrar en estrategias de manejo biológico de enfermedades bacterianas causadas por *Erwinia*.

En relación a los resultados de una investigación realizada por Galárraga & Prado (2023) donde se evaluó el uso de microorganismos como *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp. como biocontroladores y promotores del crecimiento vegetal, se evidenció que su aplicación puede constituir una alternativa viable frente al manejo convencional. En el cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*), se reportó que la aplicación individual y combinada de estos microorganismos no genera diferencias estadísticas significativas en variables productivas como número de flores y frutos en comparación con fertilización tradicional; sin embargo, sí se han observado mejoras en variables específicas como el peso del fruto, especialmente cuando se emplea la combinación de ambos microorganismos.

De acuerdo a los resultados de una investigación realizada por Merchán (2023), en cultivo de arroz, basados al comportamiento agronómico influidos por *Trichoderma* sp., si se recomienda el uso de *Trichoderma* sp., (0.6 kg/ha) por su influencia en el tratamiento T4, donde se destacó por promover el desarrollo de altura de la planta, número de macollos, un estándar aceptable de número de espigas y buen rendimiento peso del grano.

Según los resultados de Nunja (2024) *Bacillus* Inhibieron el crecimiento de *Pectobacterium carotovorum* (*Erwinia*), se formaron halos de inhibición mayores a 3 cm, Mostraron capacidades biofertilizantes: producción de sideróforos, solubilización de fosfatos e índoles. Las cepas de *Bacillus licheniformis* demostraron ser efectivos biocontroladores in vitro de *P. carotovorum* (*Erwinia*) y pueden ser una alternativa al uso de agroquímicos, respecto a *Trichoderma harzianum*, al evaluarse su efecto contra *Pectobacterium carotovorum* no presentó halos de inhibición en las pruebas in vitro, esto significa que no mostró actividad antagonista en las condiciones del estudio.

De acuerdo con un estudio de Almasoudi et al. (2024) con agentes de biocontrol bacteriano como *B. bullata*, *B. siamensis* y *B. velezensis* donde demostraron una eficacia significativa en el control de varios aislados de Pcc, responsables de la enfermedad de la pudrición blanda, como lo demuestran las pruebas in vitro e in vivo. Los resultados pusieron de manifiesto la variabilidad en la actividad antagonista de los agentes de biocontrol ensayados frente a aislados bacterianos de pudrición blanda in vitro. Sin embargo, en ensayos in vivo, *B. Velezensis* fue muy eficaz para reducir los síntomas de la pudrición blanda en las rodajas de tubérculo de patata inoculadas. Además, en la técnica de

tubérculos enteros de papa, *B. velezensis* proporcionó una protección superior a *B. bullata* y *B. siamensis*.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Descripción taxonómica y botánica de la planta

2.2.1.1. Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica de *Selenicereus undatus* se detalla de la siguiente manera según lo señalan (Sandoval & Praciack, 2021):

Dominio: Eucariota

Reino: Plantas

Filo: Espermatofitas

Subfilo: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Cariófilas

Familia: Cactáceas

Género: *Hylocereus*

Especies: *Hylocereus undatus*

2.2.1.2. Descripción botánica

La pitahaya es una cactácea perenne, epífita, trepadora, con raíces primarias y secundarias. Las raíces primarias tienen la función de alimentar a la planta y se encuentran en el suelo a una profundidad de entre 5 y 10 cm, por otro lado, las raíces secundarias son aquellas que nacen en la parte aérea de la planta, tienen la función de sostén, por lo que se adhieren a la superficie de los tutores. Sus tallos o cladodios son triangulares, carnosos y de color verde, están compuestos de tres alas onduladas y grupos de espinas que salen en las areolas, estos tallos son fotosintéticos, ya que asumen la función de las hojas al estar constituida su epidermis por numerosos estomas y cloroplastos (Vallester & Flores, 2021).

Los botones florales son cilíndricos, de color verde claro, aproximadamente de 1 cm y después de 16 a 17 días por lo general ocurre la antesis. La inflorescencia de la pitahaya es de color blanca, acampanada, fragantes, nocturnas y pueden medir 36 cm de largo y 23 cm de ancho y de color crema sus estrambres y estigmas. Su fruto es una baya oblonga de unos 11 cm de grosor, con piel roja, pulpa de color blanco, semillas negras muy pequeñas, numerosas e incrustadas en la pulpa (Ohol et al., 2023)

2.2.3 Pudrición blanda

Las bacterias de la podredumbre blanda degradan las moléculas de pectato que unen las células vegetales, provocando así la descomposición de la estructura vegetal. Los tejidos leñosos no son susceptibles. Inicialmente, las podredumbres blandas bacterianas causan manchas acuosas. Estas manchas se agrandan con el tiempo y se hundan y ablandan. Los tejidos internos bajo las manchas se vuelven blandos y decolorados, con una decoloración que varía de crema a negro. La filtración de las zonas afectadas es común. Las podredumbres blandas se caracterizan por un olor fuerte y desagradable que acompaña a la descomposición del tejido vegetal (Tobias, 2024).

2.2.4 *Erwinia carotovora*

La bacteria responsable de la enfermedad comúnmente llamada pudrición blanda es *Pectobacterium carotovorum* (antes conocida como *Erwinia carotovora*). En general, se le atribuye a un grupo de enfermedades relacionadas con bacterias. Estas dañan las partes suculentas de las plantas, entre estos, frutas, tallos y bulbos. Provoca daño en las moléculas que se unen a las células vegetales y, en última instancia, hace que las plantas se desmoronen (Meir, 2022).

Erwinia sp. Es una bacteria capaz de vivir en condiciones de escasez de oxígeno, esta afecta de manera principal a las pencas de la pitahaya, al principio presentan síntomas de manchas amarillas con humedad, lo que conlleva a la pudrición del tejido, con un olor fuerte (Restrepo et al., 2012).

2.2.4.1. Taxonomía de *Erwinia carotovora*

De acuerdo con Amaya et al. (2021) la taxonomía se describe de la siguiente forma:

Dominio: Bacteria

Filo: Proteobacteria

Clase: Gammaproteobacteria

Orden: Enterobacterales

Familia: Pectobacteriaceae

Género: *Pectobacterium*

Especie: *Pectobacterium carotovorum*

2.2.4.2. Modo de acción de *Erwinia carotovora*

Al Inicio el inóculo de la bacteria son los residuos de la cosecha o los órganos de las plantas que ya han sido infectadas. Este patógeno puede mantenerse en el

suelo en estado latente durante un período que varía entre dos semanas y seis meses, según las condiciones ambientales, como humedad, pH y temperatura. Cuando el ambiente resulta favorable, la bacteria se multiplica hasta alcanzar una concentración celular que permite activar sus factores de virulencia. El proceso de infección comienza con la liberación de proteínas efectoras que inducen en la planta una reacción de hipersensibilidad, lo que incluye la producción de pectinasas. Estas enzimas degradan la lámina media, responsable de unir las paredes celulares de las células vecinas, lo que favorece así la descomposición del tejido y el desarrollo de la pudrición blanda. La entrada de la bacteria ocurre de manera principal a través de lenticelas, heridas o brotes, tanto en el campo como en la etapa de poscosecha. Para reducir el riesgo de infección es fundamental evitar daños mecánicos, almacenar los productos en ambientes bien ventilados y secos, prevenir el cultivo en suelos con mal drenaje y evitar el riego excesivo. El avance de la enfermedad puede limitarse si se disminuyen la humedad y la temperatura. Su dispersión ocurre a través de insectos, herramientas agrícolas, lluvia y hasta el agua de riego. La capacidad de la bacteria para infectar una amplia gama de hospedantes favorece su propagación a gran escala (Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas de Argentina, 2024).

2.2.5 Taxonomía de *Chryseobacterium flavum*

Como señalan (Zhou et al., 2007) su taxonomía es la siguiente:

Dominio: bacterias

Reino: Pseudomonadati

Filo: Bacteroidota

Clase: Flavobacterias

Orden: Flavobacterias

Familia: Weeksellaceae

Género: Criseobacteria

Especies: *Chryseobacterium flavum*

2.2.6 Patógeno

Un patógeno tiene la capacidad de invadir un huésped, altera sus funciones normales, lo que a su vez provoca una respuesta inmune que puede derivar en infecciones o enfermedades, estos pueden ser bacterias, virus, hongos, protozoos o incluso parásitos más grandes. Los mismos se distinguen de otros microorganismos por su capacidad de invadir y multiplicarse dentro de un

organismo, lo que causa efectos nocivos. Pueden estar presentes en diversas partes del entorno, incluido agua, aire, alimentos y organismos vivos (Instituto Europeo de Química, Física y Biología, 2025)

2.2.7 Incidencia y severidad

La incidencia se refiere al porcentaje de plantas que presentan síntomas de enfermedad dentro de un área de cultivo específica, mientras que la severidad describe la magnitud del daño que dichas plantas han experimentado. Ambos indicadores son fundamentales para tomar decisiones acertadas respecto a las acciones de control a aplicar. Al conocer cuántas plantas están afectadas y la gravedad del daño, es posible definir la urgencia y la escala de las medidas de manejo necesarias. Conocer estos parámetros permite establecer los umbrales de intervención recomendados, con el fin de reducir las pérdidas en el rendimiento y así optimizar los beneficios económicos (Calviño, 2023).

2.2.7.1. Fórmula para calcular la incidencia

$$\text{incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de hojas muestreadas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \times 100$$

Fuente: (Castillo & Jiménez, 2020)

2.2.7.2. Severidad

2.2.7.2.2. Fórmula para calcular la severidad.

$$S (\%) = \frac{\sum i}{N(V_{max})} \times 100$$

Dónde:

S = Porcentaje de severidad.

$\sum i$ = Sumatoria de valores observados.

N = Número de plantas muestreadas.

V_{max} = Valor máximo de la escala.

Fuente: (Castillo & Jiménez, 2020)

2.2.8 Biocontrol

El control biológico de plagas, conocido de forma común como biocontrol, consiste en prevenir y manejar plagas mediante el uso de enemigos naturales como parásitos o patógenos, en lugar de recurrir al uso de productos químicos. Este tipo de control implica la introducción de organismos depredadores que se alimentan de las plagas, con el propósito de disminuir el uso de pesticidas químicos y fomentar

prácticas que beneficien tanto la biodiversidad como el bienestar de las plantas. (Cubero, 2024).

Son microorganismos obtenidos del ambiente, agua o de los animales, con el fin de producir ciertos insumos usados en la agricultura para controlar enfermedades o plagas, principalmente, son hongos y bacterias puestos al servicio de otros organismos vivos, como las plantas y cultivos (Pesantes, 2023).

2.2.9 Mecanismo de acción de *Trichoderma harzianum*

Trichoderma antagoniza a los patógenos mediante diversos mecanismos directos e indirectos, como la antibiosis, el micoparasitismo, la inducción de resistencia, las enzimas líticas y la competencia por espacio y nutrientes. Los mecanismos indirectos inducen modificaciones morfológicas y bioquímicas en la planta hospedante y son ampliamente reconocidos por aumentar la resistencia de la planta al estrés mediante la resistencia sistémica y el crecimiento radicular (Assad, 2022).

2.2.9.1. Taxonomía de *Trichoderma harzianum*

Rifai (1969) señala que su clasificación taxonómica se describe de la siguiente manera:

Reino: fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Trichoderma*

Especie: *Trichoderma harzianum*

2.2.10 Mecanismo de acción de *Bacillus subtilis*

B. subtilis produce compuestos antimicrobianos, suprime patógenos del suelo y favorece un entorno más sano para las raíces (García, 2025), es un importante agente de biocontrol, gracias a su capacidad de producción de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana puede inhibir el desarrollo de fitopatógenos Gonzalez et al. (2023). Los mecanismos mediante los cuales actúan se pueden en algunas categorías: la generación de compuestos antimicrobianos, como los péptidos sintetizados por vías no ribosomales y los policétidos; que producen fitohormonas; su capacidad para colonizar superficies, formar biopelículas y competir por espacio y recursos; la síntesis de enzimas con acción

lítica, como quitinasas, glucanasas, proteasas y acil-homoserina lactonasas; la emisión de compuestos orgánicos volátiles; y la activación de mecanismos de resistencia sistémica en las plantas (Pedraza et al., 2020).

2.2.11 Taxonomía de *Bacillus subtilis*

Gonzalez et al. (2023) describen su clasificación taxonómica de la siguiente forma;

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

Especie: *B. subtilis*

2.2.12 Mecanismo de acción de *Pseudomonas fluorescens*

El mecanismo de acción del género *Pseudomonas* desarrolla su actividad de biocontrol, mediante la síntesis de metabolitos con actividad antibiótica capaces de inhibir el crecimiento de patógenos fúngicos y bacterianos. En el caso específico de *Pseudomonas fluorescens*, se ha documentado la producción de compuestos como fenazinas, ácido D-glucónico, ácido carboxílico de fenazina-1 (PCA), pirrolnitrina (3-cloro-4-[2'-nitro-3'-clorofenil]) y 2.4-diacetilfloroglucinol (DPG), los cuales constituyen una defensa natural de la planta frente a diversas enfermedades. Además, otro mecanismo relevante es la Resistencia Sistémica Inducida, mediante la cual la planta activa un estado de resistencia generalizada que le permite enfrentar un amplio espectro de patógenos (Cely, 2010).

2.2.12.1. Taxonomía de *Pseudomonas fluorescens*

Según Taylor et al. (2025) la taxonomía de *Pseudomonas fluorescens* es la siguiente:

Reino: bacterias

Filo: pseudomonadota

Clase: gammaproteobacteria

Orden: pseudomonadales

Familia: pseudomonadaceae

Género: pseudomonas

Grupo de especies: grupo *Pseudomonas fluorescens*

Especie: *Pseudomonas fluorescens*

2.3 Marco legal

2.3.1 Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria

Artículo 1. Objeto. - La presente Ley regula la sanidad agropecuaria, mediante la aplicación de medidas para prevenir el ingreso, diseminación y establecimiento de plagas y enfermedades; promover el bienestar animal, el control y erradicación de plagas y enfermedades que afectan a los vegetales y animales y que podrían representar riesgo fito y zoonosanitario. (p.)

Artículo 3. Principios. - Constituyen principios de aplicación de esta Ley, los siguientes:

a) Armonización: Establecer medidas fito y zoonosanitarias basadas en normas nacionales e internacionales comunes de varios países, con la finalidad de proteger la salud y vida de las personas, garantizar la soberanía alimentaria, el bienestar de los animales o preservar la inocuidad de los vegetales y facilitar el comercio internacional;

b) Diversificación: Fortalecer la diversificación y la utilización de tecnologías limpias en la producción agropecuaria;

c) Equivalencia: Cuando las regulaciones de sanidad agropecuaria expedidas en virtud de esta Ley, aunque difieran de otras similares de la normativa internacional se reconocerán como válidas por su jerarquía, a las internacionales cuando se logre el nivel adecuado de protección sanitaria y fitosanitaria;

d) Evaluación de riesgo: Evaluación del nivel de riesgo existente para la salud de las personas y la protección de la sanidad agropecuaria; e) No discriminación: Trato igualitario a los productos importados como a los de producción nacional respetando la cláusula de la nación más favorecida del sistema multilateral de comercio, salvo los casos de excepción previstos en la Ley;

f) Precautelatorio: Adoptar medidas fito y zoonosanitarias eficaces y oportunas ante la sospecha de un posible riesgo grave para la salud de las personas, plantas, animales o al medio ambiente, aún sin contar con evidencia científica de tal riesgo;

g) Protección: Establecer medidas fito y zoonosanitarias previstas legal y técnicamente que garanticen la vida y la salud de las personas, los animales y la preservación de los vegetales, así como la protección contra otros daños resultantes de la entrada, radicación o diseminación de plagas o enfermedades;

h) Prevención: Adoptar políticas públicas que precautelen la salud de las personas, de los animales y de las plantas, a través de medidas de prevención, control y mitigación de plagas y enfermedades;

i) Seguridad alimentaria: Garantizar la sostenibilidad del acceso a los alimentos para las generaciones presentes y futuras;

j) Solidaridad: Dotar de alimentos a las poblaciones víctimas de desastres naturales o antrópicos que pongan en riesgo el acceso a la alimentación. Los alimentos recibidos de ayuda internacional no afectarán la salud ni la producción y comercialización de alimentos producidos localmente; y,

k) Transparencia: Notificar a nivel nacional e internacional información sobre las medidas fito y zoonosanitarias y su fundamento. (p.4)

TÍTULO I DE LA INSTITUCIONALIDAD

CAPÍTULO I

Artículo 9. De los incentivos. - La Autoridad Agraria Nacional, establecerá estímulos e incentivos a los productores o unidades de producción animal o vegetal destinados al mejoramiento, tecnificación, capacitación e innovación tecnológica y al fomento de buenas prácticas agropecuarias. Se utilizarán en la implementación de medidas sanitarias agropecuarias previstas en campañas de prevención y vigilancia, con la finalidad de controlar o erradicar enfermedades y plagas de interés público, en áreas, zonas o regiones agropecuarias, para conservar o mejorar el estatus sanitario. (p.5)

CAPÍTULO II DE LA REGULACIÓN Y CONTROL

Artículo 12. De la regulación y control. - Créase la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, entidad técnica de derecho público, con personería jurídica, autonomía administrativa y financiera, desconcentrada, con sede en la ciudad de Quito y competencia nacional, adscrita a la Autoridad Agraria Nacional. A esta Agencia le corresponde la regulación y control de la sanidad y bienestar animal, sanidad vegetal y la inocuidad de los alimentos en la producción primaria, con la finalidad de mantener y mejorar el estatus fito y zoonosanitario de la producción agropecuaria. La estructura y organización de la Agencia en referencia se regulará por reglamento a esta Ley. En la presente Ley la referencia al término "Agencia de Regulación y Control" o simplemente "la Agencia" se refiere a la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017, p.6)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo, ya que se centró en la recolección, análisis y procesamiento de datos numéricos para establecer relaciones del cultivo de pitahaya. A través del uso de biocontroladores como *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus subtilis* sobre podredumbre blanda, se recopilaron datos precisos y continuos que permitieron determinar las dosificaciones adecuadas para tratar la enfermedad de pudrición blanda.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

La investigación fue de tipo experimental y de alcance explicativo, ya que se llevó a cabo en condiciones de campo mediante la aplicación del uso de tres tipos de biocontroladores *T. harzianum*, *P. fluorescens* y *B. subtilis* con el fin de calcular la efectividad de los mismos sobre la enfermedad pudrición blanda con el objetivo de generar evidencia técnica que respalde la implementación del uso de biocontroladores como alternativa al uso de productos químicos.

3.1.1.1. Investigación aplicada

Generó soluciones prácticas mediante el uso de biocontroladores, orientadas a disminuir la incidencia y severidad de podredumbre blanda y reducir la dependencia de agroquímicos en el cultivo de pitahaya.

3.1.1.2. Investigación de campo y laboratorio

La aplicación de los tratamientos y la evaluación de variables se realizó en condiciones reales de cultivo de pitahaya en campo, mientras que la identificación del agente causal se complementó con observaciones en laboratorio.

3.1.1.3. Investigación experimental

Se aplicó un diseño experimental controlado con tratamientos definidos para comparar el efecto de dos biocontroladores sobre la enfermedad, el cual permitió evaluar su efectividad en condiciones agroecológicas.

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue experimental, mismo que constó con un ensayo de campo en el que se midió la eficacia de biocontroladores sobre la pudrición blanda en el cultivo de pitahaya.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variables independientes

3.2.1.1.1. *Bacillus subtilis*.

Se empleó *Bacillus subtilis* en una dosis de 2 l/ha, la aspersión se realizó en cuatro aplicaciones con una frecuencia de 15, 30 y 45 días, la aplicación se realizó de forma foliar, mediante aspersión directa sobre las plantas de pitahaya.

3.2.1.1.2. *Trichoderma harzianum*.

Se empleó *Trichoderma harzianum* en una dosis de 2 l/ha, la aspersión se realizó en cuatro aplicaciones con una frecuencia de 15, 30 y 45 días, la aplicación se realizó de forma foliar, mediante aspersión directa sobre las plantas de pitahaya.

3.2.1.1.3. *Pseudomonas fluorescens*.

Se empleó *Pseudomonas fluorescens* en una dosis de 2 l/ha, la aspersión se realizó en cuatro aplicaciones con una frecuencia de 15, 30 y 45 días, la aplicación se realizó de forma foliar, mediante aspersión directa sobre las plantas de pitahaya.

3.2.1.1.4. *Testigo convencional*.

Este tratamiento se empleó como punto de comparación para determinar si los tratamientos experimentales propuestos superan, igualan o son menos efectivos que las estrategias tradicionalmente empleadas.

3.2.1.2. Variables dependientes

Las variables dependientes estudiadas durante esta investigación fueron

3.2.1.2.1. *Identificar a nivel de laboratorio el patógeno asociado a la pudrición bacteriana.*

Se realizó mediante aislamiento e identificación en laboratorio. Se tomó muestras de pencas infectadas con síntomas visibles, las cuales fueron sembradas en medios de cultivo apropiados como agar nutriente y PDA con el fin de conocer el patógeno causante de pudrición blanda.

3.2.1.2.2. *Pencas infectadas.*

Se contó de forma manual el número (n) de pencas infectadas.

3.2.1.2.3. *Pencas sanas.*

Se contó de forma manual el número (n) de pencas sin síntomas visibles.

3.2.1.2.4. Incidencia.

El nivel de incidencia de pudrición blanda se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{incidencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número de hojas muestreadas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \right) \times 100$$

3.2.1.2.5. Severidad.

Para calcular el nivel de incidencia de pudrición blanda se tomó en cuenta escala de severidad.

Tabla 1.

Escala de severidad de podredumbre blanda

Nivel	Descripción	Porcentaje de tejido afectado	Características visibles
0	Sin presencia	0%	No existe sintomatología relacionada a la enfermedad.
1	Leve	1-20%	Manchas pequeñas, acuosas y circulares en las pencas en zonas heridas.
2	Moderada	21-45%	Manchas acuosas más amarillentas y evidentes, empieza el reblandecimiento.
3	Severa	46-75%	Tejidos blandos, pudrición extensa, con olor fétido y planta debilitada.

Elaborado por: La Autora, 2026

3.2.2 Tratamientos

Tabla 2.

Descripción de los tratamientos experimentales

Tratamientos	Descripción	Dosis/ha (Litros)	Dosis/parcela (ml)	Dosis/ml (UFC)	Frecuencia (días)
T1	<i>B. subtilis</i>	2L/ha	32 ml/parcela	7×10^8	1 – 15 – 30 – 45
T2	<i>P. fluorescens</i>	2L/ha	32 ml/parcela	1×10^9	1 – 15 – 30 – 45
T3	<i>T. harzianum</i>	2L/ha	32 ml/parcela	9×10^9	1 – 15 – 30 – 45

T4	Testigo convencional	Aplicación convencional de la finca	Aplicación convencional de la finca
----	-------------------------	---	---

Elaborado por: La autora, 2026

3.2.3 Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA), en el cual se asignaron cuatro tratamientos de forma aleatoria, con un testigo y cinco repeticiones. Cada unidad experimental constó de 162 m², mientras que la parcela experimental tuvo un área total de 3240 m². Para cada tratamiento se tomaron cuatro plantas para ser evaluadas de manera individual y medir las variables correspondientes.

Tabla 3.

Delimitación del experimento

Descripción	Unidad
Área total del experimento	3240 m ²
Número de repeticiones	5
Número total de parcelas	20 parcelas
Largo de la parcela	18 m
Ancho de la parcela	9 m
Área por parcela	162 m ²
Separación entre parcelas	1,5 m
Separación entre bloques	1,5 m
Área útil de parcela	4 plantas
Número de plantas por parcela	18

Elaborado por: La autora, 2026

Tabla 4.

Modelo de análisis de varianza

Fuente de variación	Fórmula	GL
Tratamientos	t-1	3
Repeticiones	R-1	4
Error experimental	(t-1) (R-1)	12
Total	N-1	19

Elaborado por: La autora, 2026

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

3.2.4.1.1. Recursos materiales

Material de oficina

- Libretas de apuntes
- Laptop
- Esferos
- Marcadores

Material de campo

- Bolsas ziploc
- Etiquetas
- Lápiz
- Hielera
- Productos biocontroladores
- Mochila de aspersion
- Tijera de poda
- Bisturí

Materiales de laboratorio

- Medios de cultivo
- Cajas petri
- Agua destilada
- Tubo de ensayo
- Asa bacteriana
- Mechero
- Alcohol

Software

- Infostat

3.2.5.1.2. Recursos humanos.

El trabajo se llevó a cabo mediante el tesista y tutor.

3.2.5.1.3. Recursos económicos.

El trabajo de investigación fue financiado por recursos propios de la tesista.

3.2.5.2. Métodos y técnicas

3.2.5.2.1. Método de investigación.

Método inductivo

A partir de la observación de los efectos en campo, se estableció conclusiones generales.

Método deductivo

Se evaluó hipótesis basadas en estudios previos sobre eficacia de los biocontroladores utilizados.

Método sintético

Los resultados fueron integrados para identificar los tratamientos más eficaces y viables

3.2.5.2.2. Técnicas de investigación.

Para la recolección de datos, se empleó métodos de observación directa en comparación con la escala de severidad en intervalos de tiempo establecidos después de la aplicación de los tratamientos.

Los datos obtenidos fueron registrados en fichas de campo, organizados en matrices y posteriormente analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). Para la comparación de medias, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Inspección del cultivo y delimitación del área experimental

Se realizó una visita técnica a la hacienda con el propósito de observar las condiciones fitosanitarias actuales del cultivo de pitahaya. Durante esta inspección se procedió a la selección y delimitación del área experimental donde se llevó a cabo el estudio y se escogieron las unidades experimentales.

Obtención de material vegetativo con sintomatología

Se seleccionó la penca con sintomatología visible presente, posteriormente, con una tijera de podar se cortó y se colocó la muestra infectada en un envase plástico con orificios donde se mantuvo hasta el momento de su uso en laboratorio.

Preparación de medio de cultivo e inoculación la muestra para aislar el patógeno mediante análisis en laboratorio.

Para inocular la muestra del patógeno se emplearon dos métodos, los cuales se detallan a continuación:

Primer método empleado

1. La muestra seleccionada se dividió en pequeños fragmentos de aproximadamente de 1 cm con un bisturí estéril, posteriormente, los fragmentos se sometieron a un proceso de desinfección mediante su inmersión sucesiva en dos soluciones: hipoclorito de sodio (cloro) y etanol (alcohol), manteniéndolos en cada solución durante 20 segundos. Finalmente, los fragmentos fueron enjuagados con agua destilada, aplicando el mismo tiempo de exposición.
2. Para la inoculación de las muestras se emplearon dos medios de cultivo: Agar Nutriente y Agar Papa Dextrosa (PDA). Las muestras previamente desinfectadas fueron transferidas a cada uno de los medios mencionados y posteriormente se realizó la siembra mediante el método de estrías, con el fin de dispersar adecuadamente el material biológico sobre la superficie de los medios de cultivos.

Segundo método empleado

1. En el segundo método, las muestras se emplearon sin someterlas a un proceso previo de desinfección. Estas fueron colocadas directamente en los medios de cultivo Agar Nutriente y PDA. Del material infectado se tomó únicamente la fracción líquida, la cual se distribuyó sobre la superficie de los medios de cultivos mediante el método de siembra por estrías.
2. En ambos métodos, las placas de cultivo fueron incubadas en posición invertida con el propósito de minimizar la caída de condensación sobre las superficies de crecimiento y evitar interferencias en el desarrollo de las colonias.
3. Transcurridas aproximadamente 48 horas de incubación, se observaron las colonias formadas en los dos tipos de medios de cultivo.
4. Para el análisis microscópico, las muestras fueron sometidas a un procedimiento de tinción con un colorante azul-violeta, y se colocó cada una en el portaobjetos con el cubreobjetos para facilitar su observación estructural.

Procedimiento de la identificación molecular por barcoding 16S para bacterias.

1. Se realizó la extracción de ADN por métodos convencionales, utilizando aproximadamente 100 mg de muestra.

2. Se evaluó la integridad y calidad del ADN mediante espectrofotometría de microvolúmenes y visualización en gel de agarosa al 1%.
3. Se diluyó el ADN hasta una concentración de aproximadamente 50 ng/uL para su amplificación mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizando los primers 16S: 27F/1492R[1].
4. El producto de PCR fue purificado previo a la secuenciación por el método SANGER.
5. Las secuencias obtenidas fueron limpiadas y ensambladas usando programas bioinformáticos.
6. Se comparó la secuencia ensamblada de la muestra con la base de datos de nucleótidos de GenBank del NCBI para su identificación taxonómica. Resultados: Se obtuvo ADN de alta calidad para el proceso de amplificación, con bandas de aproximadamente 1500 pb correspondiente al marcador 16S.
7. A partir de las lecturas resultantes de la secuenciación SANGER se obtuvo una secuencia ensamblada que permitió determinar la identidad.

Determinación del nivel de incidencia

El nivel de incidencia de podredumbre blanda se determinó utilizando la fórmula de la incidencia, la cual se muestra a continuación:

$$incidencia (\%) = \left(\frac{\text{Número de hojas muestreadas con síntomas}}{\text{Total de hojas muestreadas}} \right) \times 100$$

Determinación del nivel de severidad

El nivel de severidad se determinó mediante el uso de la escala de severidad.

Dosificación de los biocontroladores

Esto se realizó de acuerdo a las concentraciones acordadas.

Asperjar los productos biológicos

Se aplicó de manera uniforme con la finalidad de disminuir la incidencia y severidad de pudrición blanda y determinar la dosificación óptima.

3.2.5 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, este proceso se llevó a cabo mediante el software InfoStat, con

el propósito de determinar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

3.2.5.1. Hipótesis estadística

Ho: Ninguna de los tratamientos con biocontroladores presentará una diferencia significativa en la incidencia y severidad de la pudrición blanda causado por *Erwinia* en el cultivo de pitahaya.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

H1: Al menos uno de los tratamientos con biocontroladores presentará una diferencia significativa en la incidencia y severidad de la pudrición blanda causado por *Erwinia* en el cultivo de pitahaya.

$$H_1: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$$

4. RESULTADOS

4.1 Identificación a nivel laboratorio del patógeno causante de la pudrición blanda en muestras de pitahaya afectadas.

Una vez inoculadas las muestras de pitahaya infectadas en los medios de cultivo, y posteriormente haber obtenido el cultivo puro, como lo muestra la (Figura 1) se observó un aspecto cremoso y húmedo en la muestra, característico de bacterias, además un crecimiento extendido, con colonias de color amarillo pardo.

Figura 1.

Muestra de cultivo puro para enviar a laboratorio



Elaborado por: La Autora, 2026

Para complementar la observación en laboratorio y determinar el patógeno causante de pudrición blanda, se realizó un análisis PCR en el laboratorio IDGen, dónde el resultado sugiere que el agente bacteriano asociado a la pudrición blanda no corresponde a *Erwinia sp.*, como se planteó inicialmente, sino que podría tratarse de un miembro del género *Chryseobacterium*.

Los resultados de la identificación molecular presentados en la Tabla 5 indican que el ADN extraído de la muestra presentó una alta calidad (71.2), con una banda de aproximadamente 1500 pb correspondiente al marcador 16S. El análisis de secuencia mostró una longitud de 417 pb y un 95.67% de identidad con *Chryseobacterium flavum*. Es importante señalar que, de acuerdo con la nota del informe, un porcentaje de identidad inferior al 97% no permite confirmar con certeza la asignación a nivel de especie, por lo que se clasifica con mayor confiabilidad a

nivel de género (*Chryseobacterium* sp.). Sin embargo, *Chryseobacterium flavum* es un miembro del género *Chryseobacterium*, el cual incluye especies conocidas como patógenos de plantas que causan síntomas de pudrición.

Tabla 5.

Identificación del patógeno causante de la pudrición blanda

Longitud Pb	Calidad	Organismo	Fragmento	% de identidad	# de Accesión
417	71.2	<i>Chryseobacterium flavum</i>	16S	95.67%	NR 11957.1

Fuente: Laboratorio IDGen Elaborado por: La Autora, 2026

4.2 Determinación del nivel de incidencia y severidad de pudrición blanda en pitahaya en Chongoncito, Guayas.

4.2.1 Incidencia

De acuerdo a la Tabla 6 el análisis de la varianza realizado para la incidencia inicial indicó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos al inicio de la evaluación. Los valores promedio de incidencia inicial se encuentran entre 4.77 y 7.04. En la comparación general, se puede observar que todos los tratamientos comparten el mismo grupo estadístico, lo que indica que no existe diferencias significativas. Estos resultados muestran que, al inicio de la evaluación, las condiciones del cultivo fueron similares previo a la aplicación de los tratamientos.

Tabla 6.

Incidencia inicial (%)

Tratamientos	Descripción	Medias	
4	Testigo	4.77	a
1	<i>B. subtilis</i>	5.39	a
2	<i>P. fluorescens</i>	6.66	a
3	<i>T. harzianum</i>	7.04	a
p-valor		0.7319	
Coeficiente de variación		31.80	

Nota: Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

Elaborado por: La Autora, 2026

Como indica la Tabla 7 el análisis de la varianza realizado para la incidencia final no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor 0.8013).

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey indicó que todos los tratamientos presentaron valores de incidencia final estadísticamente similares, con medias comprendidas entre 1.48 y 2.23. Estos resultados evidencian que los tratamientos evaluados no generaron diferencias significativas en la severidad final por tratamientos.

Tabla 7.

Incidencia final (%)

Tratamientos	Descripción	Medias	
2	<i>P. fluorescens</i>	1.48	a
1	<i>B. subtilis</i>	1.66	a
4	<i>Testigo</i>	1.73	a
3	<i>T. harzianum</i>	2.23	a
p-valor		0.8013	
Coeficiente de variación		30.61	

Nota: Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

Elaborado por: La Autora, 2026

De acuerdo a la Tabla 8, en cuanto a la interacción con cada tratamiento. Los resultados indican que los tratamientos dos y tres presentan diferencias estadísticas significativas en cuanto a la comparación de incidencia inicial con la incidencia final, mientras que en los tratamientos uno y cuatro no se detectó diferencias significativas en la incidencia entre la evaluación inicial y final ($p > 0.05$). La comparación entre la incidencia inicial y final mostró diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Wilcoxon para muestras independientes. La incidencia promedio disminuyó de 5.97 en la evaluación inicial a 1.78 en la evaluación final, lo que evidencia una reducción significativa de la variable entre ambos momentos de medición, por lo que, de acuerdo con los resultados obtenidos para la variable incidencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, debido a que al menos uno de los tratamientos con biocontroladores presentó diferencias estadísticas significativas entre la evaluación inicial y final. Asimismo, la comparación global entre la incidencia inicial y final presentó una disminución altamente significativa, y confirma una reducción general de la enfermedad durante el período evaluado.

Tabla 8.**Comparación de la incidencia inicial vs incidencia final**

Tratamientos	Descripción	In. Inicial	In. Final	p-valor
1	<i>P. fluorescens</i>	5.36	1.64	0.0804
2	<i>B. subtilis</i>	6.61	1.50	0.0180
3	<i>T. harzianum</i>	7.14	2.27	0.0194
4	Testigo	4.75	1.69	0.2224
Incidencia inicial vs Incidencia final		5.97	1.78	0.0001
Coeficiente de variación		39.68	30.61	

Elaborado por: La Autora, 2026

4.2.2 Severidad

Como muestra la Tabla 9 el análisis de la varianza realizado para la severidad inicial indicó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Los valores promedio de severidad inicial se encuentran entre 2.20 y 2.80. En la comparación general, se puede observar que los tratamientos comparten el mismo grupo estadístico, lo que indica que no existe diferencias significativas. Estos resultados muestran que, al inicio de la evaluación, las condiciones del cultivo fueron muy similares.

Tabla 9.**Severidad inicial (%)**

Tratamientos	Descripción	Medias	
4	Testigo	2.20	a
1	<i>B. subtilis</i>	2.40	a
3	<i>T. harzianum</i>	2.60	a
2	<i>P. fluorescens</i>	2.80	a
p-valor		0.2165	
Coeficiente de variación		10.06	

Nota: Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

Elaborado por: La Autora, 2026

La Tabla 10 muestra el análisis de la varianza realizado para la severidad final no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor 0.9480).

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey indicó que todos los tratamientos presentaron valores de severidad final estadísticamente similares, con medias comprendidas entre 1.40 y 1.60. Estos resultados evidencian que los tratamientos evaluados no generaron diferencias significativas en la severidad final.

La reducción observada entre la incidencia inicial y final puede atribuirse en parte a la acción de los biocontroladores aplicados; sin embargo, también es posible que las condiciones ambientales presentes durante el período de evaluación.

Tabla 10.

Severidad final (%)

Tratamientos	Descripción	Medias	
1	<i>B. subtilis</i>	1.40	a
4	Testigo	1.40	a
3	<i>T. harzianum</i>	1.40	a
2	<i>P. fluorescens</i>	1.60	a
	p-valor	0.9480	
	Coefficiente de variación	21.75	

Nota: Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

Elaborado por: La Autora, 2026

Como indica la Tabla 11 la comparación entre la severidad inicial y final dentro de cada tratamiento, realizada mediante la prueba de Wilcoxon para muestras apareadas, no mostró diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tratamientos evaluados (p-valor 0.05).

Estos resultados indican que la severidad no presentó cambios significativos entre el inicio y el final del período de evaluación dentro de los tratamientos analizados

La comparación entre la severidad inicial y final mostró diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0.0001), según la prueba de Wilcoxon para muestras independientes. La incidencia promedio disminuyó de 2.50 en la

evaluación inicial a 1.45 en la evaluación final, lo que evidencia una reducción significativa de la variable entre ambos momentos de medición. De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la prueba de Wilcoxon, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en la severidad de la pudrición blanda dentro de cada uno de los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula (H_0), ya que ninguno de los tratamientos con biocontroladores presentó diferencias significativas de manera individual. Sin embargo, la comparación global entre la severidad inicial y final evidenció una reducción significativa de la enfermedad, lo que sugiere un efecto general favorable.

Tabla 11.

Comparación de la severidad inicial vs severidad final

Tratamientos	Descripción	In. Inicial	In. Final	p-valor
1	<i>P. fluorescens</i>	2.40	1.40	0.1406
2	<i>B. subtilis</i>	2.80	1.60	0.1568
3	<i>T. harzianum</i>	2.60	1.40	0.1346
4	Testigo	2.20	1.40	0.1502
Incidencia inicial vs Incidencia final		2.50	1.45	0.0001
Coeficiente de variación		18.26	21.75	

Elaborado por: La Autora, 2026

4.3 Comparar las características vegetativas y productivas de las planta de pitahaya antes y después de la aplicación con biocontroladores.

4.3.1 Número de botones florales por planta antes y después de la aplicación de los biocontroladores

La Tabla 12 muestra el comportamiento de los cuatro tratamientos evaluados en diferentes tiempos de medición: inicio, 15, 30, 45 y 60 días. En cada evaluación se comparó las medias obtenidas y su (p-valor).

Al inicio del ensayo, los tratamientos presentaron valores semejantes, el p-valor de 0.5807 indica que no existió diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, lo que demuestra que las condiciones iniciales fueron homogéneas.

A los 15 días se observó un incremento considerable de las medias en todos los tratamientos, principalmente en T2, que alcanzó el valor (14.50), seguido de T1 (11.40). A pesar de estas variaciones numéricas, el p-valor de 0.8538 evidenció

nuevamente ausencia de diferencias significativas, indicando que los tratamientos no influyeron estadísticamente sobre la variable evaluada en este periodo.

En la evaluación de 30 días, la media de cada tratamiento presentó una disminución notable en comparación con los 15 días. T1 presentó la media más alta (2.45), mientras que T3 mantuvo el valor más bajo (1.30). Aunque se observaron diferencias numéricas entre tratamientos, el p-valor de 0.2335 confirmó que dichas diferencias no fueron significativas.

A los 45 días, los resultados mostraron una tendencia similar, el p-valor de 0.6927 indicó nuevamente que no existió diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Finalmente, a los 60 días el p-valor de 0.9242 confirmó que no hubo efecto significativo de los tratamientos sobre la variable evaluada.

En general, aunque existieron variaciones numéricas entre tratamientos a lo largo del tiempo, estadísticamente no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguna de las evaluaciones, lo que sugiere que los tratamientos aplicados tuvieron un comportamiento similar sobre la variable analizada (Tabla 12).

Tabla 12.

Número de botones entre tratamientos a los 30, 45 y 60 días

Variable	Tratamiento	N	Medias	p-valor
Inicio	T1	5	3.90	0.5807
	T2	5	3.70	
	T3	5	2.50	
	T4	5	3.80	
15 días	T1	5	11.40	0.8538
	T2	5	14.50	
	T3	5	10.40	
	T4	5	9.90	
30 días	T1	5	2.45	0.2335
	T2	5	2.10	
	T3	5	1.30	
	T4	5	2.15	
45 días	T1	5	2.40	0.6927
	T2	5	1.90	

	T3	5	1.25	
	T4	5	1.50	
60 días	T1	5	2.20	0.9242
	T2	5	2.00	
	T3	5	1.35	
	T4	5	1.90	

Nota: Número de botones por planta

Elaborado por: La Autora, 2026

4.3.2 Número de flores por planta antes y después del tratamiento

La Tabla 13 muestra que de acuerdo con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, al comparar los tratamientos en los diferentes tiempos de evaluación la variable flores no presentó diferencia estadísticamente significativa.

A los 15 días, ningún tratamiento presentó diferencias estadísticas significativas, con un p-valor de 0.4997, A los 30 días, se mantuvo el mismo comportamiento, se obtuvo un p-valor de 0.8723, con medias muy similares entre tratamientos. A los 45 días, los valores fueron prácticamente nulos en todos los tratamientos, con un p-valor de 0.3916. Finalmente, a los 60 días la prueba estadística muestra nuevamente que no existe diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 13.

Número de flores entre tratamientos a los 15, 30, 45 y 60 días

Variable	Tratamiento	Media	p-valor
15 días	T1	4.55	0.4997
	T2	2.80	
	T3	3.40	
	T4	2.70	
30 días	T1	5.35	0.8723
	T2	6.05	
	T3	7.30	
	T4	6.40	
45 días	T1	0.05	0.3916
	T2	0.00	

	T3	0.00	
	T4	0.00	
60 días	T1	1.25	0.2335
	T2	2.10	
	T3	0.60	
	T4	1.95	

Nota: Número de flores por planta

Elaborado por: La Autora, 2026

4.3.3 Número de frutos por planta antes y después del tratamiento

Tal como indica la Tabla 14, el número de frutos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos evaluados, según la prueba de Kruskal–Wallis ($p > 0.05$).

A los 30 días, no se detectaron diferencias significativas en el número de frutos entre los tratamientos (p-valor 0.8298). De manera similar, a los 45 días (p-valor 0.7446) y a los 60 días (p-valor 0.9242), los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas (Tabla 14).

Tabla 14.

Número de frutos por planta después de los tratamientos

Variable	Tratamiento	N	Medias	p-Valor
30 días	T1	5	3.55	0.8298
	T2	5	2.85	
	T3	5	3.25	
	T4	5	3.55	
45 días	T1	5	9.40	0.7446
	T2	5	11.00	
	T3	5	6.80	
	T4	5	8.30	
60 días	T1	5	6.90	0.9242
	T2	5	6.75	
	T3	5	5.85	
	T4	5	7.00	

Nota: Número de frutos por planta

Elaborado por: La Autora, 2026

5. DISCUSIÓN

En el presente estudio, el análisis molecular permite identificar al agente bacteriano asociado a la pudrición blanda en pitahaya como perteneciente al género *Chryseobacterium*, con una similitud del 95.67% con *Chryseobacterium flavum*. Este hallazgo resulta relevante, ya que tradicionalmente la pudrición blanda en diversos cultivos ha sido atribuida a especies del género *Erwinia*. Vargas et al. (2022) identifican a *Erwinia chrysanthemi* (*sin. Dickeya chrysanthemi*) y *Erwinia carotovora* (*Pectobacterium carotovorum*) como los principales agentes causales de la pudrición suave en banano. La diferencia encontrada en esta investigación sugiere que la enfermedad puede variar dependiendo del hospedero y de las condiciones agroecológicas, lo que pone en evidencia la importancia de complementar la identificación macroscópica y cultural con herramientas moleculares que permitan una caracterización más precisa del patógeno.

En relación con la incidencia y severidad de la enfermedad, los resultados muestran que al inicio no se identifican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, lo que confirma la homogeneidad inicial del cultivo previo a la aplicación de los biocontroladores. Posteriormente, la comparación general entre la incidencia inicial y final evidencia una reducción significativa de la enfermedad; sin embargo, al analizar cada tratamiento de manera individual, únicamente los tratamientos dos y tres presentan diferencias estadísticas entre el inicio y el final del período evaluado. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Abbel et al. (2020), quienes demuestran que *T. harzianum* y *B.s subtilis* reducen significativamente la incidencia de pudrición blanda en papa, además de inducir la actividad de enzimas relacionadas con los mecanismos de defensa vegetal, como peroxidasa, polifenol oxidasa y quitinasa. De igual manera, Sulaiman et al. (2020) observan reducciones considerables en la incidencia frente a *E. carotovora*, alcanzando porcentajes significativos inferiores al tratamiento control. Almasoudi et al. (2024) reportan resultados más contundentes al evaluar distintas especies de *Bacillus*, destacándose *B. velezensis* por su alta eficacia en la reducción de síntomas de pudrición blanda en ensayos in vivo en papa. Asimismo, Nunja (2024) encuentra que cepas las de *Bacillus* presentan halos de inhibición superiores a tres cm frente a *Pectobacterium carotovorum*, evidenciando una fuerte actividad antagonista in vitro. Estas diferencias podrían explicarse por variaciones en las cepas utilizadas, las condiciones experimentales, el cultivo hospedero o el tiempo

de evaluación. Además, en el estudio de Nunja (2024), *T. harzianum* no presenta actividad antagónica in vitro frente al patógeno evaluado, lo que demuestra que la eficacia de los biocontroladores puede depender del microorganismo objetivo y del contexto experimental.

En cuanto a las variables reproductivas, como número de botones florales, flores y frutos, no se observan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos evaluados. Aunque se registran variaciones numéricas en algunas medias, estas no fueron suficientes para demostrar un efecto diferencial de los biocontroladores sobre el desarrollo productivo del cultivo durante el período de estudio, como lo indican también Galárraga & Prado (2024), quienes reportan que la aplicación de *T. spp.* Y *Bacillus spp.* En pitahaya no influyen en variables productivas como flores y frutos. Sin embargo, sí se han observado mejoras en variables específicas como el peso del fruto, especialmente cuando se emplea la combinación de ambos microorganismos.

Con base en los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general planteada, ya que el uso de biocontroladores como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* contribuyó a disminuir la incidencia y severidad de la podredumbre blanda en el cultivo de pitahaya. Aunque no todos los tratamientos mostraron diferencias estadísticas significativas de manera individual, la reducción general observada durante el período experimental respalda la eficacia del control biológico como estrategia de manejo de la enfermedad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.2 Conclusiones

En el presente estudio se logra identificar al agente bacteriano asociado a la pudrición blanda en pitahaya mediante análisis de laboratorio y herramientas moleculares, determinándose que el patógeno involucrado no corresponde al género *Erwinia*, como se planteó inicialmente, sino que pertenece al género *Chryseobacterium*. El análisis del gen 16S rRNA mostró una similitud del 95.67% con *Chryseobacterium flavum*, lo que permitió una identificación confiable a nivel de género. Este resultado pone de manifiesto la importancia de complementar las observaciones macroscópicas y culturales con técnicas moleculares, ya que los síntomas de pudrición blanda pueden ser causados por distintos grupos bacterianos con características similares.

En cuanto a las variables incidencia y severidad de la pudrición blanda en el cultivo de pitahaya evaluado, se determina que al inicio de la evaluación no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que evidencia condiciones homogéneas del cultivo previo a la aplicación de los biocontroladores. Posteriormente, la comparación global entre la incidencia inicial y final demuestran una reducción estadísticamente significativa, lo que indica una disminución general de la enfermedad a lo largo del período evaluado. Sin embargo, al analizar la incidencia y severidad dentro de cada tratamiento, solo los tratamientos dos788 y tres presentan diferencias significativas entre la evaluación inicial y final, mientras que los tratamientos uno y cuatro no muestran cambios significativos, lo que sugiere que el efecto observado no fue uniforme entre tratamientos.

Respecto a las variables reproductivas evaluadas, como el número de botones florales, flores y frutos, los resultados demuestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en ninguno de los momentos de evaluación. Aunque se observó variaciones numéricas en las medias de algunos tratamientos, estas no fueron suficientes para evidenciar un efecto diferencial de los biocontroladores sobre el desarrollo reproductivo del cultivo durante el período de estudio.

En conjunto, los resultados del estudio indican que los biocontroladores evaluados generan diferencias significativas entre tratamientos sobre la incidencia y severidad, se evidenció una reducción general de la enfermedad entre el inicio y el final del período evaluado, aún así, no se obtuvo diferencia estadísticamente

significativa en cuanto a las variables reproductivas. Esto sugiere que los biocontroladores podrían contribuir al manejo de la pudrición blanda como parte de un enfoque integral.

6.3 Recomendaciones

Complementar las observaciones macroscópicas y culturales con técnicas moleculares, ya que los síntomas de pudrición blanda pueden ser causados por distintos grupos bacterianos con características similares, resulta pertinente ampliar los análisis para confirmar la identificación a nivel de especie y evaluar la diversidad genética del patógeno presente en la zona de estudio. Asimismo, se sugiere realizar estudios epidemiológicos que permitan determinar la distribución, fuentes de inoculación y condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de bacterias del género *Chryseobacterium* en cultivos de pitahaya, dado que la información disponible sobre este patógeno es aún limitada.

Evaluar el uso de biocontroladores bajo diferentes esquemas de manejo, considerando variaciones en dosis, frecuencia y momento de aplicación, así como la combinación de distintos agentes de biocontrol. En este estudio se detectaron diferencias significativas en dos de los cuatro tratamientos, además, la reducción general observada entre la evaluación inicial y final sugiere que los biocontroladores podrían formar parte de estrategias de manejo integrado de la pudrición blanda. En futuros estudios se recomienda incluir un mayor número de repeticiones y períodos de evaluación más prolongados, que permitan detectar posibles efectos acumulativos o respuestas diferenciales a mediano y largo plazo.

En cuanto a las variables reproductivas, se recomienda realizar estudios a mayor escala temporal, considerando que la pitahaya es un cultivo perenne y que los efectos de los biocontroladores sobre el crecimiento y la producción podrían manifestarse en ciclos productivos más largos. Además, se sugiere incluir variables adicionales como peso y calidad del fruto, rendimiento total por planta y parámetros poscosecha, con el fin de obtener una evaluación más integral del impacto de los biocontroladores sobre la productividad del cultivo. Finalmente, se recomienda integrar los biocontroladores evaluados dentro de un enfoque de manejo integrado de la enfermedad, complementándolos con prácticas agronómicas adecuadas, manejo sanitario del cultivo y monitoreo constante de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbel, T., Mikhail, M., Abdel, A., Seif, H., & Abd, H. (2020). *Field application of bio-control agents and aqueous plant extracts for controlling bacterial soft rot and enhancement yield quality of Solanum tuberosum L. cv. Diamond. Bulletin of the National Research Centre, 44, 82.* <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00338-4>
- Almasoudi, N., Qurashi, A., Elsayed, M., & Elyousr, K. (2024). *Bioagentes bacterianos nativos para el tratamiento de la enfermedad de pudrición blanda de la papa causada por Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum. Revista Egipcia de Control Biológico de Plagas.* <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41938-024-00794-4>
- Amaya, A., Beltrán, M., & Alfonso, N. (2021). *Pectobacterium carotovorum: Phytopathogen agent that causes soft rot in potatoes (Solanum tuberosum). Revista Colombiana de Biotecnología, 22(2), 29.* <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n2.86721>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017, 3 de julio) Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria [Título II] Registro Oficial N. 27. www.registroficial.gob.ec
- Assad, S. (2022). *Mecanismos de acción y potencial de biocontrol de Trichoderma contra enfermedades fúngicas de las plantas: una revisión. Environmental Challenges, 6, 100978.* <https://doi.org/10.1016/j.ecochg.2021.100978>
- Calviño, F. (2023, 2 de agosto). *Incidencia y severidad en cultivos.* Cultiva by SIMA Agtech. <https://blog.sima.ag/2023/incidencia-y-severidad-en-cultivos/>
- Castillo, T., & Jiménez, E. (2020). *Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) en Rivas, Nicaragua. La Calera, 20(35).* <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>
- Cely, M. (2010). *Caracterización de Pseudomonas fluorescens Ps013 y estudio de la estabilidad en medios acuosos.* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana,] Repositorio Institucional Javeriano: <https://doi.org/10.60794/n0vj-9g85>
- Cubero, V. (2024, 12 de agosto). *Aplicación de biocontroladores para el manejo de plagas.* Plataforma Tierra. <https://www.plataformatierra.es/innovacion/aplicacion-de-biocontroladores-para-el-manejo-de-plagas>

- Díaz, E., & Molina, S. (2024, 21 de mayo). *Reconocimiento de enfermedades en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), utilizando uno semitecho y el otro a libre exposición del cultivo en la finca José Isidro del municipio de Acevedo, departamento del Huila* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61737>
- García, A. (2025). *Los beneficios medioambientales del Bacillus subtilis*. *Dellait*. <https://dellait.com/es/los-beneficios-medioambientales-del-bacillus-subtilis-dellait/>
- González, Y., Ortega, J., Anducho, M., & Mercado, Y. (2022). *Bacillus subtilis y Trichoderma: Características generales y su aplicación en la agricultura*. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520>
- Grupopya. (2016, 11 de noviembre). *¿Cómo se calcula la efectividad, eficacia y eficiencia de una empresa?* Grupopya. <https://grupo-pya.com/se-calcula-la-efectividad-eficacia-eficiencia-una-empresa/>
- Instituto Europeo de Química, Física y Biología. (2025, 15 de abril). *¿Qué es un microorganismo patógeno? Ejemplos*. Grupo Esneca Formación. <https://ieqfb.com/que-es-un-microorganismo-patogeno-ejemplos/>
- León, Y. G. (2022). *Bacillus subtilis y Trichoderma: Características generales y su aplicación en la agricultura*. *TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520>
- Meir, R. (2022, 12 de enero). *Prevención de la pudrición blanda bacteriana: La guía definitiva para el productor*. DryGair. <https://drygair.com/es/blog-es/prevencion-de-la-pudricion-blanda-bacteriana-la-guia-definitiva-para-el-productor/>
- Merchán, F. (2023). *Efecto de Trichoderma harzianum como biocontrolador de enfermedades en el sistema productivo de arroz (Oryza sativa L.) en el cantón Santa Lucía* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro de Información Agraria. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MERCHAN%20QUIMI%20ALDO%20FABIAN.pdf>

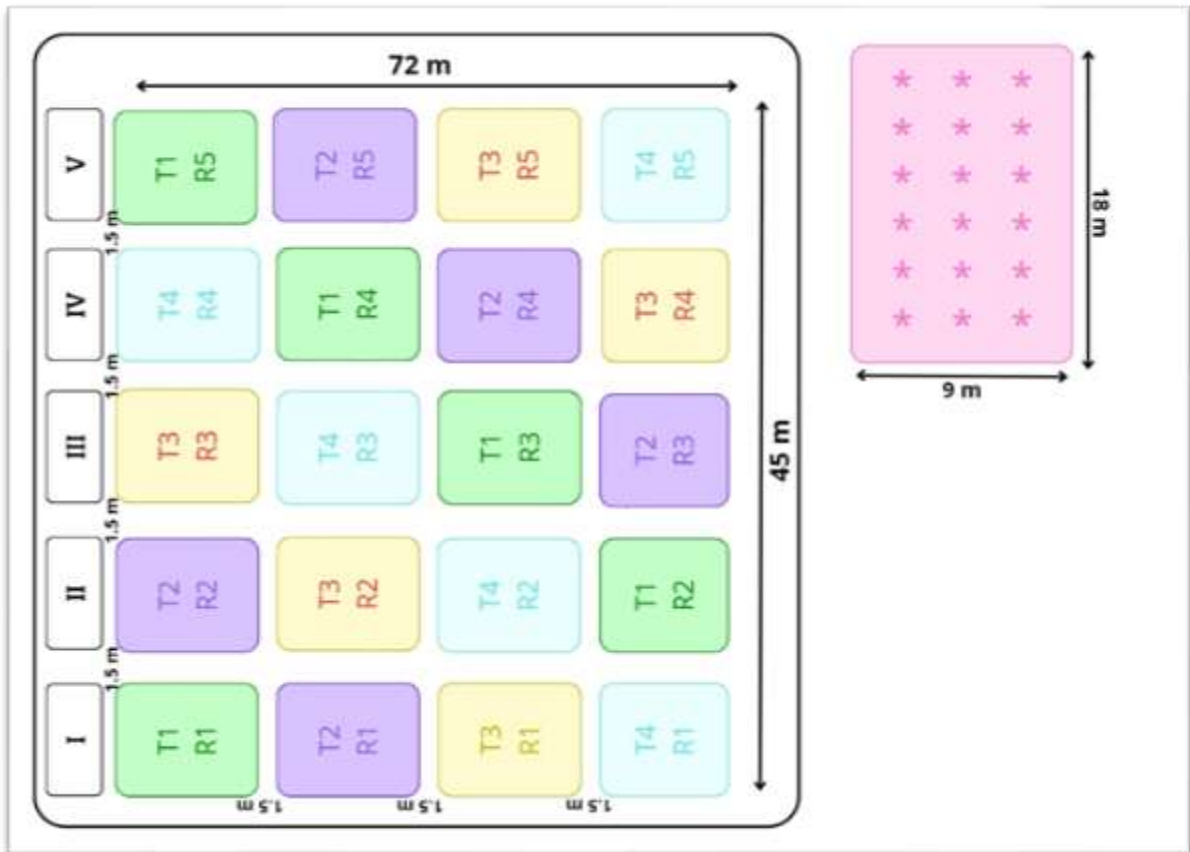
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2023). *Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca*. <https://www.produccion.gob.ec/>
- Nowak, A., Ozimek, E., Tyśkiewicz, R., & Jaroszek, J. (2022). *Trichoderma: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>
- Nunja, P. (2024). *Evaluación del efecto antagónico in vitro de cepas de Bacillus sp. y Trichoderma sp. aisladas de rizósfera de cultivos de pitahaya (Hylocereus spp.)* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/>
- Ohol, M., Vidhate, S., Salve, R., Wayal, S., Barke, S., & Nirmal, S. (2023). A brief review on *Hylocereus undatus* (dragon fruit). *International Journal of Agriculture and Nutrition*, 5(1), 59–64.
- Pedraza, L. A., López, C. E., & Uribe, D. (2020). *Mecanismos de acción de Bacillus spp. (Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas*. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 112–125. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75045>
- Peña, A. (2022). *Enfermedades que afectan al cultivo de pitahaya (Selenicereus undatus)* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. Dspace. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11353>
- Pesantes, K. (2023, 11 de diciembre). Biocontroladores: hongos y bacterias sirven para combatir plagas en Ecuador. *Primicias*. <https://www.primicias.ec/noticias/entretenimiento/tecnologia/biocontroladores-hongos-bacterias-plagas-agricultura/>
- Portela, D., Chaparro, A., & López, S. (2013). *Bacillus thuringiensis: en el manejo del agente de la pudrición blanda de la papa Erwinia carotovora*. *Revista NOVA*, 11(20), 39–44. <https://doi.org/10.22490/24629448.1024>
- Restrepo, J., Sanchez, R., Gallego, J., Beltran, T., Soto, C., & Nieto, F. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya (Hylocereus spp.)*. *Medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <https://www.ica.gov.co/getattachment/87a2482e-a36a-4380-80ae-11072d0c717c>

- Rifai. (1969). *Sistema de información de biodiversidad*.
<https://sib.gob.ar/taxonomia/genero/trichoderma>
- Sandoval, J., & Praciak, A. (2022). *Hylocereus undatus* (dragon fruit). *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.27317>
- Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas de Argentina. (2024). *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum*. Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas (SINAVIMO).
<https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/pectobacterium-carotovorum-subsp-carotovorum>
- Sulaiman, M., Aish, A., Abdulmalek, S., & Youssef, S. (2020). Activity of *Trichoderma* spp. against *Erwinia carotovora* causal agent of potato tuber soft rot. *Plant Archives*, 20(Supplement 1), 115–118.
- Taylor, T., Silby, M., & Jackson, R. (2025). *Pseudomonas fluorescens*. *Trends in Microbiology*, 33(2), 250–251. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2024.11.005>
- Vallester, R., & Flores, A. (2021). The pitahaya or dragon fruit. *Vegetales y Salud*, 7(3005), 65–67.
- Vargas, J., Wang, A., & Muñoz, M. (2022). Microorganismos asociados a la enfermedad conocida como pudrición suave del banano (*Musa* spp.) y alternativas de control microbiológicas y químicas a nivel in vitro. *Agronomía Costarricense*, 46(2), 16–28.
- Vivar, E. (2024, 23 de abril). *Los 10 principales destinos de la pitahaya ecuatoriana*. *Forbes Ecuador*. <https://www.forbes.com.ec/rankings/los-10-principales-destinos-pitahaya-ecuatoriana-n51537>
- Zhang, N., Wan, Z., Shao, J., Xu, Z., Yunpeng, L., Weibing, X., . . . Zhang, R. (2023). Biocontrol mechanisms of *Bacillus*: Improving the efficiency of green agriculture. *Microbial Biotechnology*, 16(12), 2250–2263. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14348>

ANEXOS

Figura 2.

Croquis del trabajo experimental en campo



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 3.

Vista satelital de la hacienda donde se realizó el proyecto experimental



Fuente: Google Earth (2025)

Elaborado por: La autora, 2026

Figura 4.

Conteo de botones florales



Fuente: La Autora, 2026

Figura 5.

Cultivo de pitahaya



Elaborado por: La autora, 2026

Figura 8.

Etiqueta de *Bacillus subtilis*

INOCULANTE BIOLÓGICO

MICROORGANISMOS ACTIVOS

Bacillus sp.

Litro

APLICACIÓN FOLIAR Y EDÁFICO

Agente activo de uso

COMPOSICIÓN Y CONCENTRACIÓN

Bacillus sp. 7x10¹⁰ UFC/ml
Antibióticos Totales 8.88 % gv

PRECAUCIONES: Durante la preparación y utilización del producto **NO COMER, BEBER ni FUMAR**. Usar ropa protectora adecuada (guantes, óculos, mascarilla, etc.). "Conservar el producto lejos de los bebidos y los alimentos para las personas y los animales". "No permitir animales en el área tratada". "No contener fuentes de agua". "Conservar el producto en el envase original etiquetado y cerrado herméticamente". "No emplear este envase para ningún otro fin". "No re-empalear o depositar el contenido en otros envases". "Después de usar el contenido, lavarse las manos y/o perforarlas y depositar en un contenedor y entregar al distribuidor para la disposición final".

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN: Conservar a temperatura ambiente, en lugar seco y que no se moje directamente el producto a la luz solar.

INCOMPATIBILIDAD: Microorganismo activo Bacillus sp. no presenta incompatibilidades de mezcla cuando se usará junto a otros herbicidas o pesticidas; no obstante, se recomienda una prueba previa en algunas mezclas por pueden dar lugar a reducir el efecto.

PRESENCIA DE USO:

CULTIVO	DOSIS	EPICIA DE APLICACIÓN	FORMA DE APLICACIÓN
Arroz (Macizos/terrazas)	2 l/ha	Después de sembrar	Riego y aspersión

Una vez realizada la aplicación de acuerdo al programa de manejo de plagas y enfermedades de los cultivos.

PRESENTACION

1L 4L 10L 20L

P.V.P.

\$30 \$120 \$300 \$600

BIOTEC-RCRD

INDICANTE: 1 Litro (1L) 4 Litros (4L) 10 Litros (10L) 20 Litros (20L)

BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA BOTE, S.A.S. (BIOBIO)
Hecho en Colombia. Calle 100 No. 100-100, Bogotá D.C.
Teléfono: (57) 310 4500000. Correo: info@biotecrcrd.com
Sitio web: www.biotecrcrd.com

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 9.

Corte de cintas para distinción de tratamientos

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 10.

Colocación de cintas para delimitación de tratamientos



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 11.

Asperjando productos microbiológicos



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 12.

Preparación de medios de cultivo



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 13.

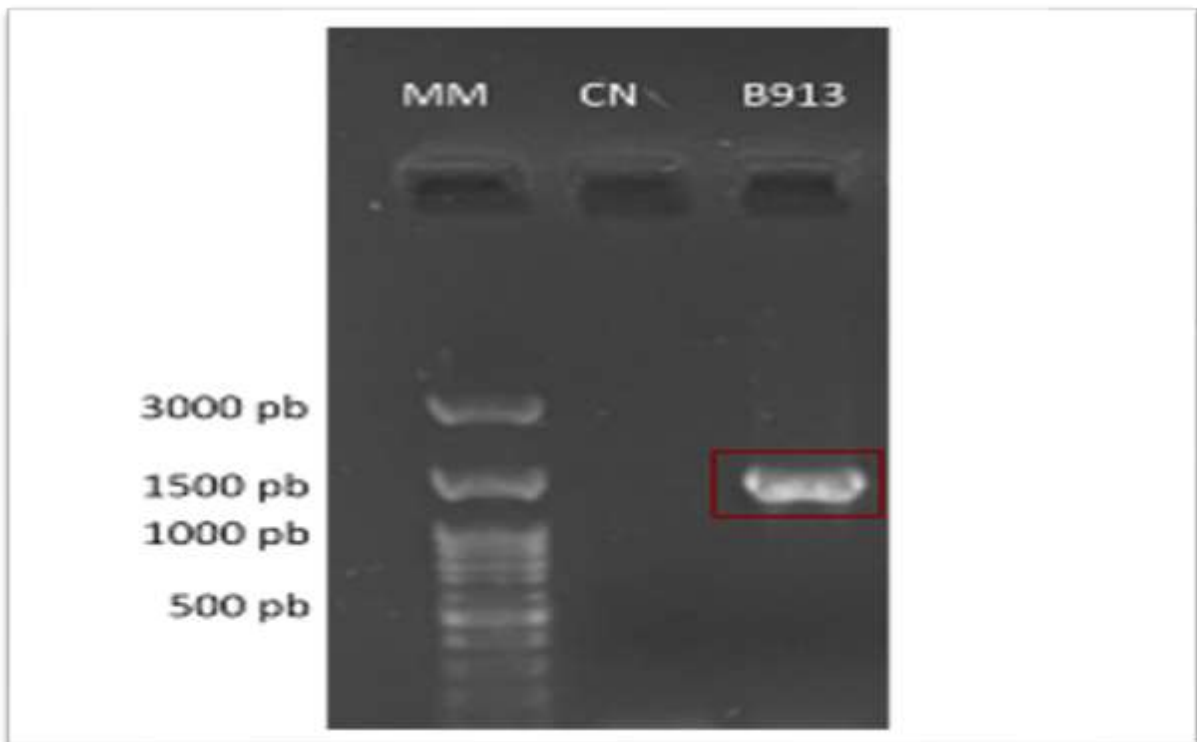
Videollamada del tutor



Elaborado por: La Aurora, 2026

Figura 14.

Gel de agarosa mostrando la amplificación de ADN



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 15.

Cultivo de Trichoderma harzianum



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 16.

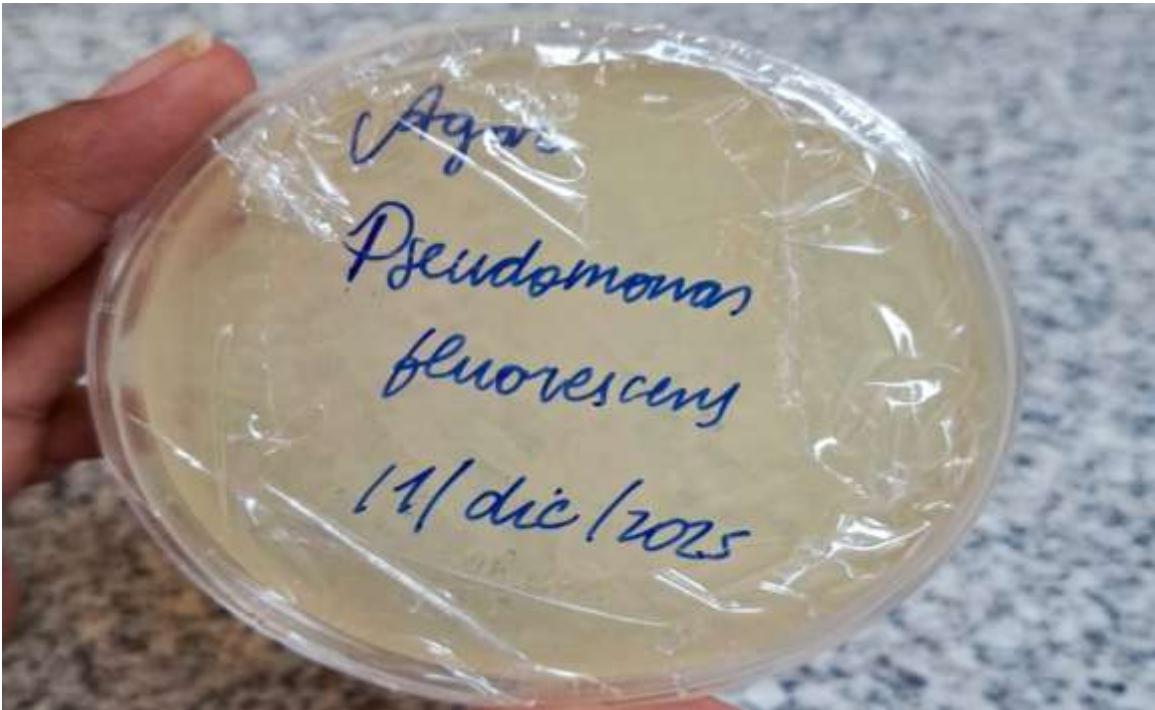
Cultivo de Bacillus subtilis



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 17.

Cultivo de Pseudomonas fluorescens



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 18.

Réplicas de cultivo de bacteria



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 19.

Protocolo de desinfección de bacteria para cultivo



Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 20.

Datos transformados de incidencia vs severidad

RAIS_INCIDENCIA_I					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RAIS_INCIDENCIA_I	20	0,41	0,07	20,61	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,28	7	0,61	1,20	0,3732
BLOQUE	3,16	4	0,79	1,55	0,2505
TRATAMIENTO	1,12	3	0,37	0,73	0,5529
Error	6,12	12	0,51		
Total	10,40	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,34137
 Error: 0,5103 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T4	1,99	5	0,32	A
T1	2,25	5	0,32	A
T2	2,50	5	0,32	A
T3	2,60	5	0,32	A

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

RAIS_INCIDENCIA_F					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
RAIS_INCIDENCIA_F	20	0,24	0,00	39,68	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,93	7	0,13	0,53	0,7943
BLOQUE	0,67	4	0,17	0,67	0,6227
TRATAMIENTO	0,26	3	0,09	0,34	0,7940
Error	2,98	12	0,25		
Total	3,91	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,93642
 Error: 0,2487 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T2	1,14	5	0,22	A
T1	1,21	5	0,22	A
T4	1,24	5	0,22	A
T3	1,44	5	0,22	A

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

Elaborado por: La autora, 2026

Figura 21.

Comparación entre incidencia inicial y final para T1

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
INCIDENCIA I	INCIDENCIA F	5	14,00	7,50	13,75	1,75	0,0804

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 22.

Comparación entre incidencia inicial y final para T2

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
INCIDENCIA I	INCIDENCIA F	5	15,00	7,50	13,75	2,02	0,0180

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 23.

Comparación entre incidencia inicial y final para T3

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
INCIDENCIA I	INCIDENCIA F	5	15,00	7,50	13,75	2,02	0,0194

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 24.

Comparación entre incidencia inicial y final para T4

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
INCIDENCIA I	INCIDENCIA F	5	12,00	7,50	13,75	1,21	0,2224

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 25.

Prueba Wilcoxon: comparación incidencia inicial vs final

Prueba de Wilcoxon para muestras independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
MEDICIÓN	INCIDENCIA FINAL	INICIAL		20	20	1,78	5,97	1,24	3,38	252,00	<0,0001

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 26.

ANOVA de severidad inicial y final con datos transformados

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ SEVERIDAD I	20	0,73	0,58	10,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,81	7	0,12	4,70	0,0095
BLOQUE	0,69	4	0,17	6,93	0,0039
TRATAMIENTO	0,13	3	0,04	1,72	0,2165
Error	0,30	12	0,02		
Total	1,11	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29527
Error: 0,0247 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T4	1,46	5	0,07 A
T1	1,52	5	0,07 A
T3	1,60	5	0,07 A
T2	1,67	5	0,07 A

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

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ SEVERIDAD F	20	0,26	0,00	21,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	7	0,04	0,62	0,7339
BLOQUE	0,27	4	0,07	1,02	0,4356
TRATAMIENTO	0,02	3	0,01	0,08	0,9715
Error	0,79	12	0,07		
Total	1,08	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48262
Error: 0,0661 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T3	1,17	5	0,11 A
T4	1,17	5	0,11 A
T1	1,17	5	0,11 A
T2	1,23	5	0,11 A

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

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 27.

Prueba Wilcoxon: comparación severidad inicial vs final

Prueba de Wilcoxon para muestras independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	DE(1)	DE(2)	W	p(2 colas)
	MEDICIÓN SEVERIDAD FINAL	INICIAL		20	20	1,45	2,50	0,60	0,69	271,00	0,0001

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 28.

Comparación entre severidad inicial y severidad final para T1

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
SEVERIDAD I	SEVERIDAD F	5	12,00	7,50	13,50	1,22	0,1160

Elaborada por: La Autora, 2026

Figura 29.

Comparación entre severidad inicial y severidad final para T2

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
SEVERIDAD I	SEVERIDAD F	5	14,00	7,50	13,50	1,77	0,0262

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 30.

Comparación entre severidad inicial y severidad final para T3

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
SEVERIDAD I	SEVERIDAD F	5	15,00	7,50	12,50	2,12	0,0034

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 31.

Comparación entre severidad inicial y severidad final para T4

Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

P-valor estimado por muestreo de todas las permutaciones posibles (n = 5000)

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	E(R+)	Var(R+)	Z	p(2 colas)
SEVERIDAD I	SEVERIDAD F	5	12,00	7,50	13,50	1,22	0,1052

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 32.

Prueba Kruskal Wallis para comparación del número de botones

Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Inicial	T1	5	3,90	1,72	3,75	1,95	0,5807
Inicial	T2	5	3,70	2,75	3,50		
Inicial	T3	5	2,50	1,06	2,25		
Inicial	T4	5	3,80	2,31	4,75		
15 días	T1	5	11,90	5,07	13,00	0,78	0,8538
15 días	T2	5	14,50	10,49	17,25		
15 días	T3	5	10,40	6,54	13,00		
15 días	T4	5	9,90	6,21	10,25		
30 días	T1	5	2,45	0,65	2,50	4,24	0,2335
30 días	T2	5	2,10	2,27	1,25		
30 días	T3	5	1,30	1,52	0,50		
30 días	T4	5	2,15	1,13	1,50		
45 días	T1	5	2,40	2,27	1,00	1,41	0,6927
45 días	T2	5	1,90	0,88	1,50		
45 días	T3	5	1,25	0,73	1,00		
45 días	T4	5	1,50	0,53	1,50		
60 días	T1	5	2,20	1,41	2,25	1,35	0,7152
60 días	T2	5	2,00	1,50	1,50		
60 días	T3	5	1,35	1,64	1,25		
60 días	T4	5	1,90	2,41	1,00		

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 33.

Prueba Kruskal Wallis para comparación del número de flores

Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
15 días	T1	5	4,55	0,65	4,25	2,34	0,4997
15 días	T2	5	2,80	2,38	1,50		
15 días	T3	5	3,40	2,53	3,00		
15 días	T4	5	2,70	1,36	2,50		
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
30 días	T1	5	5,35	2,57	6,00	0,70	0,8723
30 días	T2	5	6,05	5,06	2,75		
30 días	T3	5	7,30	5,45	7,25		
30 días	T4	5	6,40	4,02	4,00		
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
45 días	T1	5	0,05	0,11	0,00	0,43	0,3916
45 días	T2	5	0,00	0,00	0,00		
45 días	T3	5	0,00	0,00	0,00		
45 días	T4	5	0,00	0,00	0,00		
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
60 días	T1	5	1,25	0,97	1,00	4,19	0,2335
60 días	T2	5	2,10	2,00	1,50		
60 días	T3	5	0,80	0,33	1,00		
60 días	T4	5	1,95	0,80	1,75		

Elaborado por: La Autora, 2026

Figura 34.

Prueba Kruskal Wallis para comparación del número de frutos

Prueba de Kruskal Wallis							
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
30 días	T1	5	3,55	0,99	3,75	0,88	0,8298
30 días	T2	5	2,85	0,99	3,00		
30 días	T3	5	3,25	2,43	3,25		
30 días	T4	5	3,55	1,57	3,25		
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
45 días	T1	5	9,40	3,70	10,25	1,23	0,7446
45 días	T2	5	11,00	7,53	12,00		
45 días	T3	5	6,80	4,03	5,25		
45 días	T4	5	8,30	6,51	8,25		
Variable	TRATAMIENTO	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
60 días	T1	5	6,90	2,41	5,75	0,47	0,9242
60 días	T2	5	6,75	4,25	8,75		
60 días	T3	5	5,85	4,39	5,50		
60 días	T4	5	7,00	2,62	7,25		

Elaborado por: La Autora, 2026