

# Efecto de extractos de plantas en el crecimiento, rendimiento y control biológico de *Botrytis cinerea* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

## *Effect of plant extracts on growth, yield and biological control of Botrytis cinerea in tomato (Solanum lycopersicum L.)*

Juan Antonio Torres-Rodriguez <sup>1</sup>, Marisol Rivero Herrada <sup>1</sup>, Leonardo Gonzalo Matute <sup>1</sup>, Genesis Alondra Molina Sanchez <sup>2</sup>, Daysi Katherine Puente Bosquez <sup>2</sup> y Wilson Geobel Ceiro Catasú <sup>3\*</sup>

**Cita:** Torres-Rodriguez, J. A., Rivero Herrada, M., Matute, L. G., Molina Sanchez, G. A., Puente Bosquez, D. K., & Ceiro Catasú, W. G. (2025). Efecto de extractos de plantas en el crecimiento, rendimiento y control biológico de *Botrytis cinerea* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Horizon Nexus Journal*, 3(2), 1-17. <https://doi.org/10.70881/hnj/v3/n2/57>

**Recibido:** 17/02/2025

**Revisado:** 23/03/2025

**Aceptado:** 25/03/2025

**Publicado:** 30/04/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).**

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

- <sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Avenida Quito, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. 120501 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; <https://orcid.org/0000-0003-3326-4371>, [jatorres@uteq.edu.ec](mailto:jatorres@uteq.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0003-2386-973X>, [lmaturte@uteq.edu.ec](mailto:lmaturte@uteq.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-2279-0571>, [mrivero@uteq.edu.ec](mailto:mrivero@uteq.edu.ec)
- <sup>2</sup> Investigador Independiente. San Camilo, Calle José Joaquín de Olmedo y Juan Montalvo. 120304 Quevedo, Los Ríos, Ecuador; <https://orcid.org/0009-0005-3596-1455>, [genesismolinasanchez14@gmail.com](mailto:genesismolinasanchez14@gmail.com); <https://orcid.org/0009-0006-5415-8753>, [daysi.pb1998@gmail.com](mailto:daysi.pb1998@gmail.com)
- <sup>3</sup> Estancia Posdoctoral por México, SECIHTI. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz, Baja California Sur, México; <https://orcid.org/0000-0003-2065-2279>; [wceiroc@gmail.com](mailto:wceiroc@gmail.com)
- \* Correspondencia: [wceiroc@gmail.com](mailto:wceiroc@gmail.com)



<https://doi.org/10.70881/hnj/v3/n2/57>

**Resumen:** El uso de extractos vegetales como bioestimulantes en la agricultura sostenible ha cobrado relevancia debido a su capacidad para promover el crecimiento y mejorar la resistencia de los cultivos frente a enfermedades. En este estudio, se evaluó el efecto de extractos vegetales de sauce, cola de caballo y canela en el crecimiento, rendimiento y control de la enfermedad en tomate bajo condiciones de invernadero. Se aplicó un DCA con arreglo factorial AxB+1 de 10 tratamientos, 4 repeticiones y 40 unidades experimentales. Se evaluaron las variables agronómicas (altura de la planta, diámetro del tallo y rendimiento), así como la incidencia y severidad de *B. cinerea*. Todos los extractos aumentaron la altura de la planta, el diámetro del tallo y el rendimiento del cultivo. Respecto al control de la enfermedad, el tratamiento con extracto de cola de caballo a 500 mL L<sup>-1</sup> redujo significativamente la incidencia (38,08%) y severidad (34,08%) en comparación con el control químico. Estos resultados sugieren que los extractos vegetales, especialmente los de cola de caballo, representan una alternativa sostenible para el manejo de enfermedades en tomate, con potencial bioestimulante y efectos positivos sobre la productividad del cultivo.

**Palabras clave:** Biocontrol; bioestimulante; fitopatógeno; incidencia; severidad.

**Abstract:** The use of plant extracts as biostimulants in sustainable agriculture has gained relevance due to their ability to promote growth and improve crop resistance to diseases. In this study, the effect of plant extracts of willow, horsetail and cinnamon on growth, yield and disease control in tomato under greenhouse conditions was evaluated. A DCA with AxB+1 factorial

arrangement of 10 treatments, 4 replications and 40 experimental units was applied. Agronomic variables (plant height, stem diameter and yield), as well as the incidence and severity of *B. cinerea* were evaluated. All extracts increased plant height, stem diameter and crop yield. Regarding disease control, treatment with horsetail extract at 500 mL L<sup>-1</sup> significantly reduced incidence (38.08%) and severity (34.08%) compared to the chemical control. These results suggest that plant extracts, especially horsetail, represent a sustainable alternative for disease management in tomato, with biostimulant potential and positive effects on crop productivity.

**Keywords:** Biocontrol; biostimulant; phytopathogen; incidence; severity.

## 1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es el cultivo hortícola de mayor importancia económica a nivel mundial, su producción ha experimentado un incremento sostenido, superando los 180 millones de toneladas anuales (García-Estrada et al., 2022; Panno et al., 2021). En 2022, se cultivaron 1886 hectáreas de tomates en Ecuador, produciendo 52229 toneladas (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2022). El 40% de esta producción proviene de la provincia de Chimborazo, seguida de las provincias de Pichincha, Tungurahua, Azuay e Imbabura (Vélez-Terreros et al., 2024). En el ámbito alimentario, el tomate es apreciado por su riqueza nutricional; es una fuente importante de vitaminas A, C y E, minerales como el potasio, y antioxidantes como el licopeno (Vats et al., 2022). El aumento constante en la demanda diaria de la producción de tomate resalta la importancia de productos de alta calidad que, además de satisfacer el mercado, protejan la salud de los consumidores (Amr y Raie, 2022).

La producción de este cultivo se ve afectada por varios agentes fitopatógenos (Liu et al., 2023). De acuerdo con Hajji-Hedfi et al. (2023) uno de los agentes que causa un impacto significativo en su producción es *Botrytis cinerea* (moho gris). Soulie et al. (2020) señalan que este fitopatógeno presenta una amplia distribución geográfica, que afecta a los frutos del tomate durante la maduración y el almacenamiento poscosecha. Según Rhouma et al. (2023) los tejidos infectados muestran características como lesiones empapadas de agua, moho grisáceo esponjoso y putrefacción.

Debido a la susceptibilidad de este cultivo al ataque de los fitopatógenos, los agricultores requieren el uso de productos químicos sintéticos (Torres-Rodriguez et al., 2022; Rhouma et al., 2023). Sin embargo, el uso excesivo de estos productos puede generar problemas medioambientales, daño a la salud humana y afectar la calidad del suelo (Gikas et al., 2022), reduciendo rápidamente su microbiota natural y disminuyendo así su fertilidad a largo plazo (Torres-Rodriguez et al., 2021; Baćmaga et al., 2024). Asimismo, la acumulación de residuos de fungicidas sintéticos en el suelo y el agua puede generar efectos adversos en organismos benéficos, como hongos y bacterias que desempeñan un papel clave en la estabilidad del ecosistema agrícola. Además, los fitopatógenos han desarrollado resistencia a estos químicos sintéticos, lo que reduce su efectividad y obliga a aumentar las dosis (Miller et al., 2022). Por lo tanto, es indispensable el uso de una alternativa biológica más eficiente y segura para el control de los fitopatógenos (Cortés-Hernández et al., 2023).

Los agentes naturales como los extractos de plantas se han estudiados, porque son amigables con el medio ambiente, se descomponen fácilmente y no son tóxicos para los humanos (Choudhury et al., 2018). Según, Deresa y Diriba (2023) los extractos de

plantas son sustancias obtenidas de las raíces, cortezas, semillas, brotes, hojas, frutos, flores, clavos, rizomas o tallos de plantas que tienen una larga historia terapéutica y que se han elegido por sus mecanismos de defensa naturales. De acuerdo con Bhandari et al. (2021) numerosos estudios han demostrado que los fitoquímicos derivados de las plantas tienen efectos fungicidas.

La actividad antifúngica de los extractos vegetales se atribuye a la presencia de metabolitos secundarios, como fenoles, flavonoides, alcaloides y terpenoides, los cuales han demostrado su capacidad para alterar la permeabilidad de la membrana celular de los fitopatógenos y generar estrés oxidativo, inhibiendo así su crecimiento (Al-Nafie et al., 2024; Khurshheed y Jain, 2021). Además de su acción antifúngica, estos compuestos presentan propiedades bioestimulantes, ya que pueden inducir respuestas de defensa en las plantas, mejorar la absorción de nutrientes y modular la síntesis de fitohormonas clave para el desarrollo vegetal, como auxinas y giberelinas (Ali et al., 2022; Mashamaite et al., 2022). En este contexto, los extractos de sauce, cola de caballo y canela pueden contribuir al control de *Botrytis cinerea* y favorecer el crecimiento y rendimiento del tomate, ofreciendo una estrategia para la gestión sostenible de este cultivo.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de los extractos de plantas de sauce, cola de caballo y canela como bioestimulante y agente de control de *Botrytis cinerea* en el cultivo de tomate en invernadero. Se determinó la incidencia y severidad de la enfermedad bajo la aplicación de los extractos. Se analizó las variables agronómicas y el rendimiento del cultivo. Este estudio se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2 (Hambre Cero), 12 (Producción y Consumo Responsables) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres), al mejorar la productividad agrícola, reducir el uso de agroquímicos y favorecer la biodiversidad del suelo. Los principales beneficiarios incluyen a productores hortícolas, quienes pueden optimizar el rendimiento del cultivo de manera segura, y a consumidores, al disminuir la exposición a residuos de fungicidas en los alimentos. Además, este estudio proporciona una base científica para el desarrollo de estrategias de manejo integrado en la agricultura sostenible.

## 2. Materiales y Métodos

### Localización geográfica del área de investigación

La investigación se realizó en la comunidad “La Calera” del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, que se encuentra ubicada geográficamente a una latitud 0°18'00"N, longitud 78°16'00"O y una altitud de 2418 msnm. El área experimental es un invernadero de 160 m<sup>2</sup> que cuenta con una temperatura óptima de 18 - 24 °C en el día, mientras que en la noche de 8 - 16 °C. El tipo de suelo es franco arenoso.

### Preparación y caracterización de los extractos vegetales

Los extractos vegetales fueron obtenidos a partir de material fresco de sauce (*Salix* spp.), cola de caballo (*Equisetum arvense*) y canela (*Cinnamomum verum*). Para el extracto de sauce, se utilizaron ramas jóvenes y corteza, mientras que, en el caso de la cola de caballo, se emplearon tallos estériles. Para la canela, se utilizó corteza seca finamente triturada. El procesamiento de los extractos se realizó mediante maceración en etanol al 70% (v/v) durante 72 horas a temperatura ambiente, asegurando la extracción de los metabolitos bioactivos. Posteriormente, las soluciones fueron filtradas

con papel de Whatman No. 1 y evaporadas parcialmente bajo vacío a 40°C para eliminar el solvente residual. Los extractos concentrados fueron diluidos en agua destilada hasta alcanzar las concentraciones requeridas para su aplicación en el cultivo de tomate.

Diseño experimental

Se utilizaron plántulas de tomate, variedad Pietro, de la empresa PILVICSA. En la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con arreglo factorial AxB+1, con cuatro repeticiones, para un total de diez tratamientos en 40 unidades experimentales, cada unidad experimental fue formada por dos camas de 20 m de largo por 70 cm de ancho con un total de 13 plantas por cada unidad experimental. En la Tabla 1 se presentan los factores estudiados. Los tratamientos son descriptos en la tabla 2.

Tabla 1  
Factores de estudio

| Factor A = Extractos de plantas  | Factor B = Concentraciones de aplicación |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| A1 = Extracto de sauce           | 250 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 500 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 750 mL L <sup>-1</sup>                   |
| A2 = Extracto de canela          | 250 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 500 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 750 mL L <sup>-1</sup>                   |
| A3 = Extracto de cola de caballo | 250 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 500 mL L <sup>-1</sup>                   |
|                                  | 750 mL L <sup>-1</sup>                   |

Tabla 2  
Descripción de los tratamientos

| Tratamiento | Código | Descripción                                           |
|-------------|--------|-------------------------------------------------------|
| T0          | F0D0   | Phyton 1,6 mL L <sup>-1</sup> (control químico)       |
| T1          | E1D1   | Extracto de sauce en 250 mL L <sup>-1</sup>           |
| T2          | E1D2   | Extracto de sauce en 500 mL L <sup>-1</sup>           |
| T3          | E1D3   | Extracto de sauce en 750 mL L <sup>-1</sup>           |
| T4          | E2D1   | Extracto de canela en 250 mL L <sup>-1</sup>          |
| T5          | E2D2   | Extracto de canela en 500 mL L <sup>-1</sup>          |
| T6          | E2D3   | Extracto de canela en 750 mL L <sup>-1</sup>          |
| T7          | E3D1   | Extracto de cola de caballo en 250 mL L <sup>-1</sup> |
| T8          | E3D2   | Extracto de cola de caballo en 500 mL L <sup>-1</sup> |
| T9          | E3D3   | Extracto de cola de caballo en 750 mL L <sup>-1</sup> |

Variables agronómicas y de rendimiento

La recolección de datos para las variables agronómicas de altura de planta (cm) y diámetro del tallo (mm) se realizó a los 55 días después del trasplante. La altura de la planta se determinó midiendo la distancia desde la base del sistema radicular hasta el punto de crecimiento apical utilizando una cinta métrica (Guo et al., 2024). El diámetro del tallo se midió a 3 cm por encima del nivel del suelo, empleando un calibrador de vernier digital con una precisión de 0,01 mm (Shu et al., 2020). El rendimiento se determinó a partir del peso promedio de los frutos (kg) cosechados por cada m<sup>2</sup>, los cuales fueron pesados en una balanza analítica de precisión (Sartorius de 2 kg ±1 g) (He et al., 2021).

### Porcentaje de incidencia y severidad de *Botrytis cinerea*

Para determinar el grado de incidencia y severidad de la enfermedad bajo el efecto de los diferentes extractos de plantas de sauce, cola de caballo y canela, se aplicó las concentraciones de 250 mL L<sup>-1</sup>, 500 mL L<sup>-1</sup>, 750 mL L<sup>-1</sup> con una frecuencia de 8 días entre aplicación. Se tomaron datos de hojas y frutos dañados por *Botrytis cinerea* simultáneamente en todos los tratamientos, la medición se realizó a partir del tercer mes, evaluando 10 plantas por tratamiento con una frecuencia de 15, 30 y 45 días.

La incidencia de la enfermedad (ID) se calculó a partir del número de plantas que mostraban síntomas de *Botrytis cinerea* en la población total de plantas por tratamiento expresada en porcentaje (Osundare et al., 2024).

$$IE (\%) = (NPe/NTp) \times 100$$

donde NPe es el número de plantas enfermas y NTp es el número total de plantas.

La severidad de la enfermedad se evaluó en función del porcentaje de área clorótica y necrótica en los folíolos infectados utilizando la escala visual donde 0 = 0%, 1 = 1-24%, 2 = 25-49%, 3 = 50-74 %, 4 = 75-100% (Rguez et al., 2020). Posteriormente se estimó el porcentaje del índice de severidad de la enfermedad:

$$SE = \frac{\sum (\text{grado de categoría} * \text{Frecuencia})}{\text{Total de unidades evaluadas}} \times 100$$

### Análisis estadístico

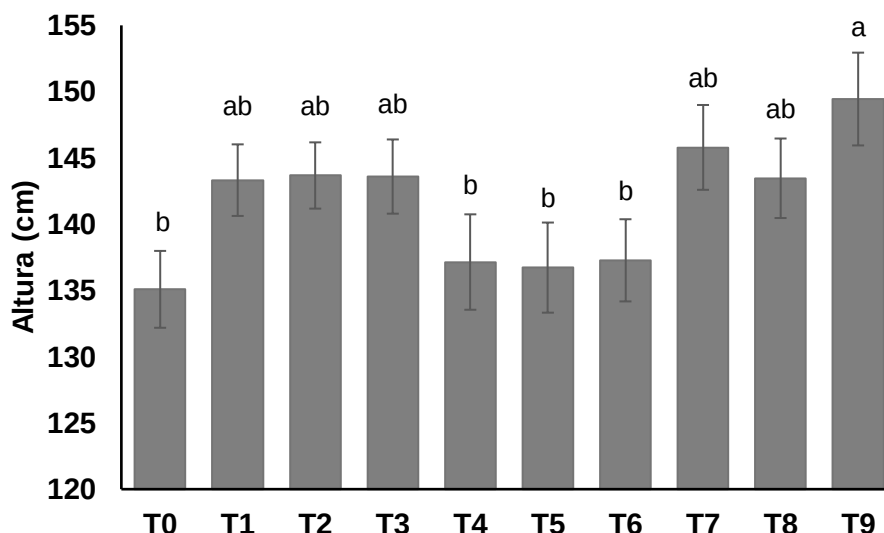
Para el análisis estadístico los datos fueron sometidos al programa R studio donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y cuando se observaron diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad de error. Antes de realizar el análisis de varianza, se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett.

### 3. Resultados

El tratamiento T9 demostró un mayor crecimiento en altura de la planta con un valor de 149,44 cm en comparación con el tratamiento control (químico) que obtuvo el menor crecimiento con 135,08 cm. El tratamiento T9 presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los tratamientos T0, T4, T5 y T6, los cuales registraron las menores alturas, con valores cercanos a 135 cm. Por otro lado, los tratamientos T1, T2, T3, T7 y T8 no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero fueron superiores al control (T0). Estos resultados sugieren que la aplicación de los extractos puede promover el crecimiento en tomate (Figura 1).

**Figura 1**

*Efecto de los extractos vegetales sobre la altura de las plantas de tomate*

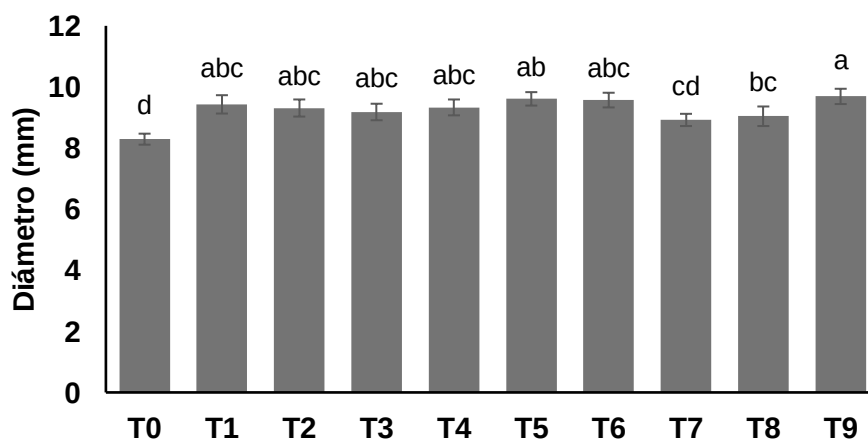


**Nota:** T0: Phytol 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>. Medias con letra iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

La figura 2 muestra el efecto de los extractos en el diámetro del tallo de las plantas de tomate. Se observó que el tratamiento T9 presentó el mayor diámetro promedio, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a los tratamientos T7, T8 y T0 (control), lo que indica un efecto positivo en el engrosamiento del tallo, sin embargo, no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) con el resto de los tratamientos. El tratamiento T0 mostró el menor diámetro, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en comparación con todos los demás tratamientos, lo que sugiere que la ausencia de extractos limitó el desarrollo del tallo.

**Figura 2**

*Efecto de los extractos vegetales sobre el diámetro de las plantas de tomate*



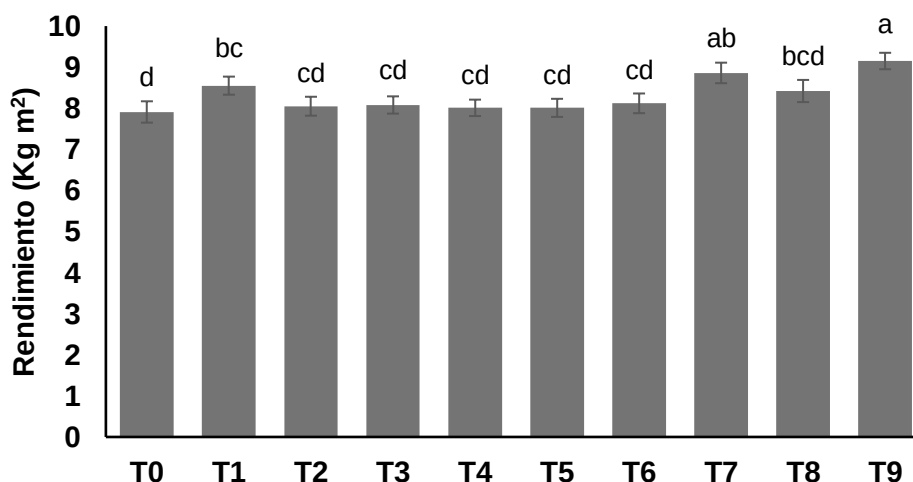


**Nota:** T0: Phytol 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>. Medias con letra iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

La figura 3 muestra el efecto de los extractos en el rendimiento de las plantas de tomate. Se observó que el tratamiento T9 presentó el mayor rendimiento promedio, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a todos los demás tratamientos, excepto al tratamiento T7, lo que indica que este extracto favoreció la producción en comparación con el resto. En contraste, el tratamiento T0 registró el menor rendimiento, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en comparación con el resto de los tratamientos, lo que sugiere que la ausencia de extractos limitó la producción. Estos resultados indican que la aplicación de extractos puede mejorar el rendimiento del cultivo de tomate, siendo el tratamiento T9 el más efectivo.

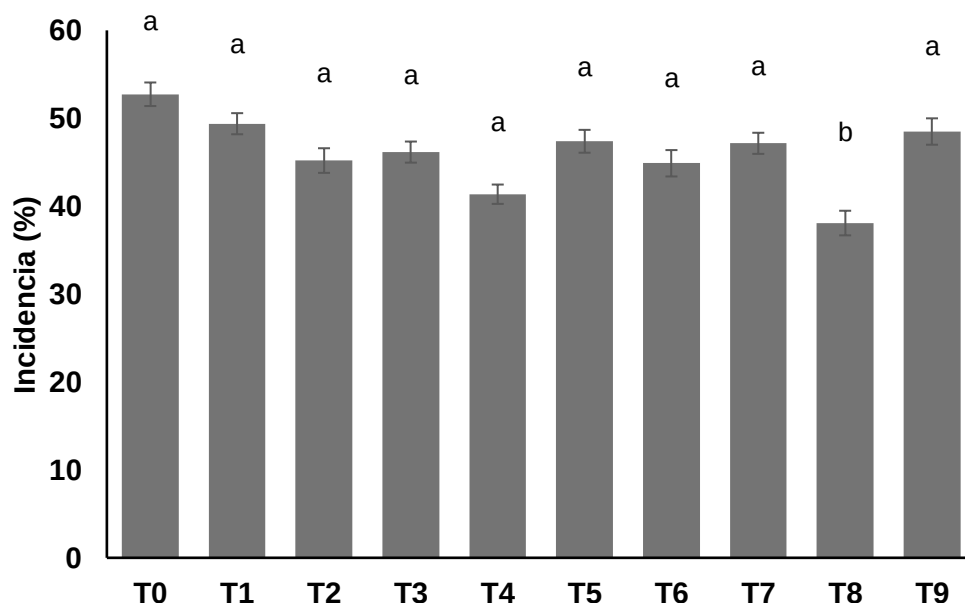
**Figura 3**

*Efecto de los extractos vegetales sobre el rendimiento de las plantas de tomate*



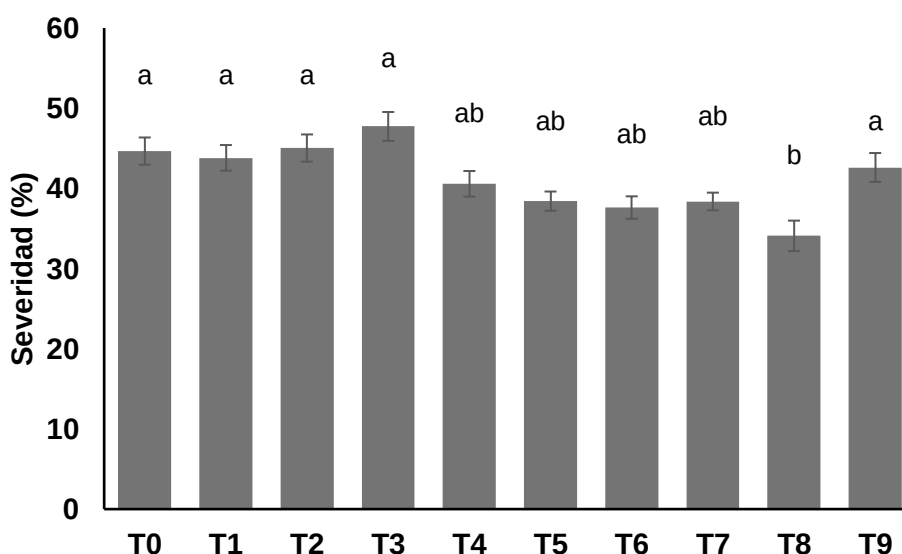
**Nota:** T0: Phytol 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>. Medias con letra iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

La figura 4 muestra el efecto de los extractos en la incidencia de la enfermedad en las plantas de tomate. Se observó que los tratamientos T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T9 presentaron los valores más altos de incidencia, sin diferencias significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, estos tratamientos no presentaron diferencias significativas con el tratamiento control (T0), por lo tanto, los extractos vegetales pueden ser una opción para reducir el uso de productos químicos. En contraste, el tratamiento T8 mostró la menor incidencia (38,08%), con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) respecto a todos los demás tratamientos, lo que sugiere un efecto positivo en la reducción de la enfermedad.

**Figura 4***Efecto de extractos vegetales sobre la incidencia de Botrytis cinerea*

**Nota:** T0: Phyton 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>. Medias con letra iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ).

La figura 5 muestra el efecto de los extractos en la severidad de la enfermedad en plantas de tomate. Se observó que el tratamiento T8 presentó la menor severidad (34,08%), con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) respecto al resto de los tratamientos, lo que sugiere un efecto positivo en la reducción del daño causado por la enfermedad. Todos los tratamientos de extractos vegetales presentaron resultados similares al control químico (T0), sin diferencias significativas entre ellos ( $p > 0.05$ ).

**Figura 5***Efecto de extractos vegetales sobre la severidad de Botrytis cinerea*



**Nota:** T0: Phytón 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>. Medias con letra iguales no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey (p > 0,05).

La tabla 3 representa los resultados de los análisis económicos en base a los rendimientos obtenidos por tratamiento. Los tratamientos T1, T2, T3, T7, T8 y T9 tuvieron menores costos, por el contrario, los tratamientos T4, T5, T6 a base de extractos de canela generaron un mayor costo de producción, debido a que se adiciona una mayor cantidad de alcohol para dichos extractos. El extracto de cola de caballo (T9) a 750 mL L<sup>-1</sup> obtuvo el mayor rendimiento, el cual tiene un ingreso bruto de \$ 181,55 con una relación beneficio/costo de 1,54 lo que indica que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de \$ 0,54 por lo que se observa una alta rentabilidad con un valor de 153,60% (Tabla 3).

**Tabla 3**  
*Análisis económico de los resultados obtenidos para el rendimiento por tratamiento*

| Tratamientos | Concentraciones de extracto mL L <sup>-1</sup> | Ingreso Bruto (\$) | Costo total (\$) | Beneficio (\$) | Relac B/C | Rent (%) |
|--------------|------------------------------------------------|--------------------|------------------|----------------|-----------|----------|
| T0           | Phytón 1,6 (Testigo)                           | 156,94             | 134,59           | 22,35          | 1,17      | 116,61   |
| T1           | Sauce (250)                                    | 169,64             | 113,79           | 55,85          | 1,49      | 149,08   |
| T2           | Sauce (500)                                    | 159,72             | 115,99           | 43,73          | 1,38      | 137,70   |
| T3           | Sauce (750)                                    | 160,32             | 118,19           | 42,12          | 1,36      | 135,64   |
| T4           | Canela (250)                                   | 158,93             | 126,00           | 32,93          | 1,26      | 126,14   |
| T5           | Canela (500)                                   | 158,93             | 140,40           | 18,53          | 1,13      | 113,19   |
| T6           | Canela (750)                                   | 161,11             | 154,81           | 6,30           | 1,04      | 104,07   |
| T7           | Cola de caballo (250)                          | 175,79             | 113,79           | 62,00          | 1,54      | 154,49   |
| T8           | Cola de caballo (500)                          | 167,06             | 115,99           | 51,07          | 1,44      | 144,03   |
| T9           | Cola de caballo (750)                          | 181,55             | 118,19           | 63,35          | 1,54      | 153,60   |

**Nota:** Relac B/C: relación beneficio costo, Rent: rentabilidad, T0: Phytón 1,6 mL L<sup>-1</sup> (control químico); T1: Extracto de sauce en 250 mL L<sup>-1</sup>; T2: Extracto de sauce 500 mL L<sup>-1</sup>; T3: Extracto de sauce en 750 mL L<sup>-1</sup>; T4: Extracto de canela en 250 mL L<sup>-1</sup>; T5: Extracto de canela en 500 mL L<sup>-1</sup>; T6: Extracto de canela en 750 mL L<sup>-1</sup>; T7: Extracto de cola de caballo en 250 mL L<sup>-1</sup>; T8: Extracto de cola de caballo en 500 mL L<sup>-1</sup>; T9: Extracto de cola de caballo en 750 mL L<sup>-1</sup>.

4. Discusión

El uso de extractos vegetales presentó un efecto bioestimulante comparado con la aplicación del Phytón (control químico) en el crecimiento del cultivo. En este estudio, los tratamientos con extractos favorecieron variables como la altura de la planta y el diámetro del tallo. Eghlima et al. (2024) y Peyghambarzadeh et al. (2023) reportaron que el extracto de cola de caballo mejora el crecimiento y desarrollo vegetal debido a su alto contenido de silicio. Graziani et al. (2022) y Kisiriko et al. (2021) señalaron que los extractos ricos en compuestos fenólicos y flavonoides pueden actuar como bioestimulantes al mejorar la absorción de nutrientes. Deniau et al. (2019) indica que los

extractos de sauce pueden contener ácido indol 3-butírico (IBA), por lo que pueden ser útiles en aplicaciones de enraizamiento.

Los extractos vegetales tienen influencia en el rendimiento del cultivo, mejorando el peso de los frutos. Godlewska et al. (2020) señalan que los extractos vegetales tienen un efecto bioestimulante, posiblemente debido a su contenido de proteínas, las cuales favorecen el crecimiento vegetal y mejoran la absorción de nitrógeno. González et al. (2015) demostraron que la aplicación de bioestimulantes incrementó el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate. Darmadi et al. (2016) reportaron la efectividad del extracto de canela en la mejora significativa del peso de los frutos en plantas de tomate.

Los extractos de sauce, cola de caballo y canela inhibieron el crecimiento de *B. cinerea* en el cultivo de tomate en invernadero, destacándose el extracto de cola de caballo como uno de los más eficaces. De acuerdo con Petrović et al. (2024) esto se debe a que los compuestos bioactivos presentes en la cola de caballo pueden desempeñar un papel clave en la protección vegetal contra diversas enfermedades fúngicas. Gappar y Kipchakbayeva (2024) en su investigación identificaron compuestos bioactivos, como ácidos fenólicos y terpenos. Según Torres-Rodriguez et al. (2025), estos compuestos aumentan las defensas de las plantas contra los fitopatógenos y refuerzan las paredes celulares, lo que mejora su resistencia estructural y química contra las infecciones.

Diversas investigaciones han reportado que los compuestos bioactivos presentes en extractos de plantas, como fenoles, flavonoides y terpenoides, tienen efectos antifúngicos y bioestimulantes en una amplia gama de especies agrícolas (Ali et al., 2022; Khursheed y Jain, 2021). Estos resultados son consistentes con lo reportado por Trebbi et al. (2021), quienes demostraron que el uso de un macerado de cola de caballo contribuyó a la reducción de los síntomas de *Phytophthora infestans* (tizón tardío) en tejido foliar y frutos y aumentó el rendimiento en el cultivo de tomate. Además, en el trigo duro, el macerado de cola de caballo redujo significativamente la infección por *Puccinia triticens* (roya parda) e incrementó los rendimientos. Asimismo, la investigación de Andreu et al. (2018) refuerza la evidencia sobre el efecto antifúngico de este extracto, al demostrar su capacidad inhibitoria sobre el crecimiento de *Botrytis allii*, *B. cinerea* y *Penicillium expansum* con reducciones del 13%, 23% y 8%, respectivamente.

La eficacia de la cola de caballo para el control de *B. cinerea* se atribuye a su alto contenido de silicio (Si), el cual se acumula predominantemente en la epidermis y representa aproximadamente el 6,2 % de su biomasa total (García-Gaytán et al., 2019). El silicio ha sido ampliamente reconocido por su papel en el fortalecimiento estructural de las plantas y su actividad antifúngica (Fauteux et al., 2005). El Si presente en la cola de caballo contribuye a reducir el impacto de la humedad al minimizar los efectos del exceso de agua en el entorno del cultivo, lo que dificulta el establecimiento de hongos fitopatógenos (Torres-Rodriguez et al., 2024; Verma et al., 2021). Además, este elemento induce resistencia al formar una barrera física en la planta, actuando como una defensa preformada antes de la infección (García-Gaytán et al., 2019). En su función curativa, se ha sugerido que el silicio actúa tanto mecánicamente, mediante la formación de sílice hidratada y polimerizada que dificulta la penetración de los hongos, como a nivel fisiológico, al modular las vías de transducción de señales y activar mecanismos de resistencia sistémica en la planta (Marchand, 2016; Fauteux et al., 2005).

El extracto de cola de caballo, mostró ser una alternativa viable a los fungicidas sintéticos en el control de *B. cinerea* en tomate. Si bien el tratamiento químico (T0) mostró un efecto en la reducción de la incidencia y severidad de la enfermedad, algunos tratamientos con extractos lograron resultados similares o incluso superiores en la reducción de la severidad del fitopatógeno. En particular, el tratamiento T8 presentó una mayor reducción de la incidencia y severidad en comparación con el fungicida sintético (T0). Además, los tratamientos con extractos favorecieron el crecimiento y rendimiento del cultivo, reduciendo los efectos adversos asociados al uso de los productos químicos sintéticos.

Los tratamientos con extractos de sauce y cola de caballo reducen costos en comparación con el fungicida sintético. Según Torres-Rodríguez et al. (2024) y Serrano-Carreón et al. (2022) los biofungicidas disminuyen la inversión en insumos químicos y reducen el impacto ambiental. Suteu et al. (2020) indican que el brindar información acerca de las especies vegetales es un elemento esencial que facilitará el uso de los bioproductos por parte de los pequeños agricultores.

El análisis económico de los tratamientos con extractos vegetales muestra resultados favorables en el control de enfermedades agrícolas. Duchimaza Angamarca (2022) evaluó el uso de extractos de tomillo, ajo, manzanilla y cola de caballo en el cultivo de brócoli, demostrando que estos tratamientos controlan eficazmente las enfermedades foliares y presentan una relación beneficio/costo positivo. Asimismo, Meza Vera (2020) investigó la actividad insecticida de extractos vegetales en el cultivo de pimiento y destaca que el uso de extracto de flor de muerto presenta un impacto económico positivo con una relación beneficio/costo de 1,37%.

A pesar de sus beneficios, es importante considerar aspectos como la disponibilidad, estabilidad y eficiencia de los extractos en diferentes sistemas de producción. Heinrich et al. (2022) señalan que dos extractos pueden diferir significativamente en su composición, aunque se preparen a partir de la misma especie de planta. Sánchez-Hernández et al. (2023) indican que las diferencias pueden atribuirse provisionalmente a variaciones en el procedimiento de extracción o a diferencias individuales. Por ello, Lengai et al. (2020) sugieren la necesidad de realizar investigaciones enfocadas en la eficacia y estabilidad de los extractos vegetales.

Los resultados indican que los extractos vegetales, especialmente el de cola de caballo, pueden integrarse en la producción agrícola dentro de un programa de Manejo Integrado de Cultivos (MIC), reduciendo la dependencia de los productos químicos sintéticos. Para su aplicación a gran escala, se recomienda la estandarización de dosis, métodos de aplicación y su combinación con otras estrategias sostenibles, como la rotación de cultivos y el uso de agentes biocontroladores. Investigaciones futuras deberían evaluar su eficacia en diferentes variedades de tomate y condiciones de producción para optimizar su implementación en sistemas agrícolas comerciales

## 5. Conclusiones

Los extractos vegetales de sauce, cola de caballo y canela demostraron efectos positivos en el crecimiento, rendimiento y control de *Botrytis cinerea* en tomate bajo invernadero. El extracto de cola de caballo a 750 mL L<sup>-1</sup> promovió el mayor crecimiento, mientras que a 500 mL L<sup>-1</sup> redujo significativamente la incidencia y severidad de la

enfermedad. Los tratamientos con extractos, especialmente de cola de caballo, mostraron una relación beneficio/costo favorable (1.54 USD). Estos resultados sugieren que los extractos vegetales pueden ser una alternativa viable y sostenible al uso de fungicidas químicos en la producción de tomate.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, MR-H., DKP-B. y GAM-S.; metodología, JAT-R. y MR-H.; software, JAT-R.; validación, MR-H. y WGC-C.; análisis formal, LG-M.; investigación, MR-H.; recursos, MR-H. y LG-M.; redacción del borrador original, GAM-S. y DKP-B.; redacción, revisión y edición, JAT-R. GAM-S. y DKP-B.; visualización, JAT-R. y WGC-C.; supervisión, WGC-C. MR-H. y LG-M. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Esta investigación no ha recibido financiación externa

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

**Declaración de disponibilidad de datos:** Los datos están disponibles previa solicitud a los autores de correspondencia: [wceiroc@gmail.com](mailto:wceiroc@gmail.com)

**Conflicto de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

### Referencias Bibliográficas

- Ali, O., Ramsubhag, A., y Jayaraman, J. (2022). Transcriptome-wide modulation by *Sargassum vulgare* and *Acanthophora spicifera* extracts results in a prime-triggered plant signalling cascade in tomato and sweet pepper. *AoB Plants*, 14(6), plac046. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plac046>
- Al-Nafie, F. S., Hussein, H. J., y Al-Rubaye, A. F. (2024). Antifungal Efficacy of the crude Alkaloid, Flavonoid, and Terpenoid of *Saussurea costus* (Falc.) Lipschitz Roots against *Aspergillus* species isolated from Rice Seeds. *Advancements in Life Sciences*, 11(2), 392-397. <https://doi.org/10.62940/als.v11i2.2403>
- Amr, A., y Raie, W. (2022). Tomato Components and Quality Parameters. A Review. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 18(3), Article 3. <https://doi.org/10.35516/jjas.v18i3.444>
- Andreu, V., Levert, A., Amiot, A., Cousin, A., Aveline, N., y Bertrand, C. (2018). Chemical composition and antifungal activity of plant extracts traditionally used in organic and biodynamic farming. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 29971-29982. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1320-z>
- Baćmaga, M., Wyszowska, J., y Kucharski, J. (2024). Response of Soil Microbiota, Enzymes, and Plants to the Fungicide Azoxystrobin. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/ijms25158104>
- Bhandari, S., Yadav, P., y Taha Sarhan, A. (2021). BOTANICAL FUNGICIDES; CURRENT STATUS, FUNGICIDAL PROPERTIES AND CHALLENGES FOR WIDE SCALE ADOPTION: A REVIEW. *Reviews in Food and Agriculture*, 2(2), 63-68. <https://doi.org/10.26480/rfna.02.2021.63.68>
- Choudhury, D., Dobhal, P., Srivastava, S., Saha, S., y Kundu, S. (2018). Role of botanical plant extracts to control plant pathogens. *Indian Journal of Agricultural Research*, 52(4), 341-346. <https://doi.org/10.18805/ijare.a-5005>

- Cortés-Hernández, F. del C., Alvarado-Castillo, G., y Sánchez-Viveros, G. (2023). Trichoderma spp., una alternativa para la agricultura sostenible: Una revisión. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 25(2), 73-87. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v25n2.111384>
- Darmadi, A., Suprpta, D., y Ginantra, K. (2016). Effect of Cinnamon Leaf Extract Formula (Cinnamomum Burmanni Blume) on Fusarium Wilt that Attacks Tomato Plants in Bali. *International Journal of Pure y Applied Bioscience*, 4(4), 33-38. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.2331>
- Deniau, M. G., Bonafos, R., Chovelon, M., Parvaud, C.-E., Furet, A., Bertrand, C., y Marchand, P. A. (2019). Willow Extract (Salix cortex), a Basic Substance of Agronomical Interests. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 10(4), 408-418. <https://doi.org/10.23910/IJBSM/2019.10.4.2009>
- Deresa, E. M., y Diriba, T. F. (2023). Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: A comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Heliyon*, 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13810>
- Duchimaza Angamarca, M. G. (2022). *Efecto de la utilización de extractos vegetales para el control de enfermedades foliares en brócoli (Brassica oleracea var. Itálica) cultivado en tres localidades urbanas de Quito*. [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8954>
- Eghlima, G., Chegini, K. G., Farzaneh, M., y Aghamir, F. (2024). Effect of common horsetail extract on growth characteristics, essential oil yield and chemical compositions of basil (Ocimum basilicum L.). *Scientific Reports*, 14(1), 11082. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61830-9>
- Fauteux, F., Rémus-Borel, W., Menzies, J. G., y Bélanger, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology letters*, 249(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.06.034>
- Gappar, A. G., y Kipchakbayeva, A. K. (2024). Chemical composition and potential pharmacological properties of field horsetail extract based on GC-MS analysis. *International Journal of Biology and Chemistry*, 17(2), Article 2. <https://doi.org/10.26577/IJBCh2024v17.i2.16>
- García-Estrada, R. S., Diaz-Lara, A., Aguilar-Molina, V. H., y Tovar-Pedraza, J. M. (2022). Viruses of economic impact on tomato crops in Mexico: From diagnosis to management—A review. *Viruses*, 14(6), 1251. <https://doi.org/10.3390/v14061251>
- García-Gaytán, V., Bojórquez-Quintal, E., Hernández-Mendoza, F., Tiwari, D. K., Corona-Morales, N., y Moradi-Shakoorian, Z. (2019). Polymerized silicon (SiO<sub>2</sub>· nH<sub>2</sub>O) in equisetum arvense: potential nanoparticle in crops. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 64(1), 4298-4302. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-97072019000104298>
- Gikas, G. D., Parlakidis, P., Mavropoulos, T., y Vryzas, Z. (2022). Particularities of Fungicides and Factors Affecting Their Fate and Removal Efficacy: A Review. *Sustainability*, 14(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su14074056>
- Godlewska, K., Biesiada, A., Michalak, I., y Pacyga, P. (2020). The Effect of Botanical Extracts Obtained through Ultrasound-Assisted Extraction on White Head Cabbage



(Brassica Oleracea L. Var. Capitata L.) Seedlings Grown under Controlled Conditions. *Sustainability*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/su12051871>

González, L. G., Paz, I., Martínez, B., Jiménez, M. C., Torres, J. A., y Falcón, A. (2015). Respuesta agronómica del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, L) var. HA 3019 a la aplicación de quitosana. *UTCiencia*, 2(2), 55-60.

Graziani, G., Cirillo, A., Giannini, P., Conti, S., El-Nakhel, C., Rouphael, Y., Ritieni, A., y Di Vaio, C. (2022). Biostimulants Improve Plant Growth and Bioactive Compounds of Young Olive Trees under Abiotic Stress Conditions. *Agriculture*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020227>

Guo, S., Wu, L., Cao, X., Sun, X., Cao, Y., Li, Y., y Shi, H. (2024). Simulation Model Construction of Plant Height and Leaf Area Index Based on the Overground Weight of Greenhouse Tomato: Device Development and Application. *Horticulturae*, 10(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030270>

Hajji-Hedfi, L., Rhouma, A., Hajlaoui, H., Hajlaoui, F., y Rebouh, N. Y. (2023). Understanding the Influence of Applying Two Culture Filtrates to Control Gray Mold Disease (*Botrytis cinerea*) in Tomato. *Agronomy*, 13(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071774>

He, Z., Li, M., Cai, Z., Zhao, R., Hong, T., Yang, Z., y Zhang, Z. (2021). Optimal irrigation and fertilizer amounts based on multi-level fuzzy comprehensive evaluation of yield, growth and fruit quality on cherry tomato. *Agricultural Water Management*, 243, 106360. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106360>

Heinrich, M., Jalil, B., Abdel-Tawab, M., Echeverria, J., Kulić, Ž., McGaw, L. J., Pezzuto, J. M., Potterat, O., y Wang, J.-B. (2022). Best Practice in the chemical characterisation of extracts used in pharmacological and toxicological research. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.953205>

Khursheed, A., y Jain, V. (2021). Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activity of different *Portulaca oleracea* L. extracts growing in Kashmir Valley. *Journal of Biochemical Technology*, 12(3-2021), 1-8. <https://doi.org/10.51847/SFpNn91fUX>

Kisiriko, M., Anastasiadi, M., Terry, L. A., Yasri, A., Beale, M. H., y Ward, J. L. (2021). Phenolics from Medicinal and Aromatic Plants: Characterisation and Potential as Biostimulants and Bioprotectants. *Molecules*, 26(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/molecules26216343>

Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., y Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>

Liu, J., Han, Z., An, L., Ghanizadeh, H., y Wang, A. (2023). Evaluation of immobilized microspheres of *Clonostachys rosea* on *Botrytis cinerea* and tomato seedlings. *Biomaterials*, 301, 122217. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2023.122217>

Marchand, P. A. (2016). Basic substances under EC 1107/2009 phytochemical regulation: experience with non-biocide and food products as biorationals. *Journal of Plant Protection Research*, 56(3) 312-318.

Mashamaite, C. V., Ngcobo, B. L., Manyevere, A., Bertling, I., y Fawole, O. A. (2022). Assessing the usefulness of *Moringa oleifera* leaf extract as a biostimulant to supplement

synthetic fertilizers: A Review. *Plants*, 11(17), 2214.  
<https://doi.org/10.3390/plants11172214>

Meza Vera, R. J. (2020). *Actividad insecticida de extractos vegetales para el control de insectos plaga en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum L.)*. [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6034>

Miller, S. A., Ferreira, J. P., y LeJeune, J. T. (2022). Antimicrobial Use and Resistance in Plant Agriculture: A One Health Perspective. *Agriculture*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020289>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2022). *Cifras Agroproductivas*. Sistema de Información Pública Agropecuaria. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Osundare, O. T., Oyebamiji, K. J., Okonji, C. J., Fayemiro, O. S., y Fajinmi, A. A. (2024). Incidence and Severity of Okra Mosaic Virus on Field-grown Three Cultivars of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 20(1), Article 1. <https://doi.org/10.35516/jjas.v20i1.201>

Panno, S., Davino, S., Caruso, A. G., Bertacca, S., Crnogorac, A., Mandić, A., Noris, E., y Matić, S. (2021). A Review of the Most Common and Economically Important Diseases That Undermine the Cultivation of Tomato Crop in the Mediterranean Basin. *Agronomy*, 11(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112188>

Petrović, E., Vrandečić, K., Godena, S., y Ćosić, J. (2024). Antifungal activity of plant and compost extracts and preparations based on tree bark. *Journal of Central European Agriculture*, 25(4), 1024-1032. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.4.4352>

Peyghambarzadeh, S., Babaeinejad, T., Hadian, J., Fallah, A., y Ghanavati, N. (2023). Growth and Phytochemical Properties of Horsetail Plant affected by Organic and Mineral Fertilization. *Silicon*, 15(11), 4751-4759. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02375-w>

Rguez, S., Ben Slimene, I., Abid, G., Hammemi, M., Kefi, A., Elkahoui, S., Ksouri, R., Hamrouni Sellami, I., y Djébal, N. (2020). Tetraclinis articulata essential oil reduces Botrytis cinerea infections on tomato. *Scientia Horticulturae*, 266, 109291. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109291>

Rhouma, A., Hajji-Hedfi, L., Kouadri, M. E., Atallaoui, K., Matrood, A. A. A., y Khriebe, M. I. (2023). Botrytis cinerea: The Cause of Tomatoes Gray Mold. *Egyptian Journal of Phytopathology*. <https://doi.org/10.21608/ejp.2023.224842.1101>

Sánchez-Hernández, E., Álvarez-Martínez, J., González-García, V., Casanova-Gascón, J., Martín-Gil, J., y Martín-Ramos, P. (2023). Helichrysum stoechas (L.) Moench Inflorescence Extract for Tomato Disease Management. *Molecules*, 28(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/molecules28155861>

Serrano-Carreón, L., Aranda-Ocampo, S., Balderas-Ruíz, K. A., Juárez, A. M., Leyva, E., Trujillo-Roldán, M. A., Valdez-Cruz, N. A., y Galindo, E. (2022). A case study of a profitable mid-tech greenhouse for the sustainable production of tomato, using a biofertilizer and a biofungicide. *Electronic Journal of Biotechnology*, 59, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2022.06.003>

Shu, L.-Z., Liu, R., Min, W., Wang, Y., Hong-mei, Y., Zhu, P., y Zhu, J. (2020). Regulation of soil water threshold on tomato plant growth and fruit quality under alternate partial



root-zone drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 238, 106200. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106200>

Soulie, M.-C., Koka, S. M., Floch, K., Vancostenoble, B., Barbe, D., Daviere, A., Soubigou-Taconnat, L., Brunaud, V., Poussereau, N., Loisel, E., Devallee, A., Expert, D., y Fagard, M. (2020). Plant nitrogen supply affects the *Botrytis cinerea* infection process and modulates known and novel virulence factors. *Molecular Plant Pathology*, 21(11), 1436-1450. <https://doi.org/10.1111/mpp.12984>

Suteu, D., Rusu, L., Zaharia, C., Badeanu, M., y Daraban, G. M. (2020). Challenge of Utilization Vegetal Extracts as Natural Plant Protection Products. *Applied Sciences*, 10(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/app10248913>

Torres-Rodriguez, J. A., Ramos-Remache, R. A., Reyes-Pérez, J. J., Quinatoa-Lozada, E. F., y Rivas-García, T. (2024). Silicon as a Biostimulant in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Cultivation and Biological Control Agent for *Moniliophthora roreri*. *Terra Latinoamericana*, 42. e1817. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1817>

Torres-Rodriguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Carranza-Patiño, M. S., Herrera-Feijoo, R. J., Preciado-Rangel, P., y Hernandez-Montiel, L. G. (2025). Biocontrol of *Fusarium solani*: Antifungal Activity of Chitosan and Induction of Defence Enzymes. *Plants*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/plants14030431>

Torres-Rodriguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Castellanos, T., Angulo, C., Quiñones-Aguilar, E. E., y Hernandez-Montiel, L. G. (2021). A biopolymer with antimicrobial properties and plant resistance inducer against phytopathogens: Chitosan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1), 12231-12231. <https://doi.org/10.15835/nbha49112231>

Torres-Rodríguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Hernandez Adane, L., Llerena-Fuentes, B. L., y Hernandez-Montiel, L. G. (2024). Marine actinomycetes for biocontrol of *Fusarium solani* in tomato plants: In vitro and in vivo studies. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2), 13562-13562. <https://doi.org/10.15835/nbha52213562>

Torres-Rodriguez, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Quiñones-Aguilar, E. E., y Hernandez-Montiel, L. G. (2022). Actinomycete Potential as Biocontrol Agent of Phytopathogenic Fungi: Mechanisms, Source, and Applications. *Plants*, 11(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/plants11233201>

Trebbi, G., Negri, L., Bosi, S., Dinelli, G., Cozzo, R., y Marotti, I. (2021). Evaluation of *Equisetum arvense* (Horsetail Macerate) as a Copper Substitute for Pathogen Management in Field-Grown Organic Tomato and Durum Wheat Cultivations. *Agriculture*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010005>

Vats, S., Bansal, R., Rana, N., Kumawat, S., Bhatt, V., Jadhav, P., y Deshmukh, R. (2022). Unexplored nutritive potential of tomato to combat global malnutrition. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(4), 1003-1034. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1832954>

Vélez-Terreros, P. Y., Romero-Estévez, D., Navarrete, H., y Yáñez-Jácome, G. S. (2024). Nutritional Quality of Conventional, Organic, and Hydroponic Tomatoes Commercialized in Quito, Ecuador. *Foods*, 13(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/foods13091348>

Verma, K. K., Song, X. P., Tian, D. D., Guo, D. J., Chen, Z. L., Zhong, C. S., y Li, Y. R. (2021). Influence of silicon on biocontrol strategies to manage biotic stress for crop protection, performance, and improvement. *Plants*, 10(10), 2163. <https://doi.org/10.3390/plants10102163>