

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

Evaluación de extracto de nogal como método preventivo y/o curativo de *Botrytis cinerea* en cultivo de *Fragaria x ananassa* var *Monterrey*

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo


Autores:

Juliana Fatima Bautista Moscoso

Lilian Cristina Suárez Lazo

Director:

Walter Iván Larriva Coronel

ORCID:  0000-0002-9292-1119

Cuenca, Ecuador

2025-08-05

Resumen

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un cultivo de alto valor económico, pero altamente susceptible a enfermedades fúngicas como *Botrytis cinerea*, que comprometen la producción y calidad de los frutos en pre y poscosecha. Frente al uso excesivo de fungicidas sintéticos, se plantea como alternativa natural un extracto etanólico de hojas de nogal (*Juglans neotropica*). Este estudio evaluó cinco concentraciones del extracto (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) aplicadas mediante métodos preventivo y curativo, tanto en condiciones de laboratorio como de campo. Los resultados evidencian que el extracto de nogal posee propiedades antifúngicas efectivas contra *Botrytis cinerea*. En laboratorio, se observó inhibición del crecimiento micelial con mayor eficacia en el tratamiento preventivo al 15% y el curativo al 10%. En campo, el método curativo al 15% y 20% promovió significativamente el desarrollo del fruto (peso, diámetro polar y ecuatorial), evidenciando su potencial para recuperar plantas ya infectadas. Sin embargo, el tratamiento preventivo al 10% fue el más efectivo y constante en reducir la incidencia y severidad de la enfermedad. En conjunto, el tratamiento preventivo al 10% se perfila como el más equilibrado, al brindar protección fitosanitaria sin afectar negativamente la calidad del fruto, mientras que el curativo al 20% representa una estrategia útil para restaurar el desarrollo tras la infección. Ambos enfoques pueden emplearse de manera complementaria, dependiendo del momento de aplicación y el estado sanitario del cultivo.

Palabras clave del autor: fresa, moho gris, extracto hoja de nogal, actividad antifúngica



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Strawberry (*Fragaria x ananassa*) is a high-value crop, but highly susceptible to fungal diseases such as *Botrytis cinerea*, which significantly affects fruit production and quality during pre- and postharvest stages. Due to the excessive use of synthetic fungicides, an ethanolic extract from walnut leaves (*Juglans neotropica*) is proposed as a natural alternative. This study evaluated five concentrations of the extract (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%) applied using both preventive and curative methods, under laboratory and field conditions. The results demonstrate that the walnut extract exhibits effective antifungal properties against *Botrytis cinerea*. In the laboratory, mycelial growth inhibition was observed, with the preventive 15% and curative 10% treatments being the most effective. In the field, curative applications at 15% and 20% significantly improved fruit development (weight, polar and equatorial diameter), highlighting their potential to aid recovery in already infected plants. However, the preventive treatment at 10% was the most consistent and effective in reducing disease incidence and severity over time. Overall, the 10% preventive treatment stands out as the most balanced option, providing phytosanitary protection without compromising fruit quality, while the 20% curative treatment offers a promising strategy for restoring plant development after infection. Both approaches can be used complementarity, depending on the application timing and the crop's health status.

Author Keywords: strawberry, gray mold, walnut leaf extract, antifungal activity



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

I. Introducción	11
II. Objetivos	12
2.1 Objetivo general	12
2.2 Objetivos específicos	12
III. Revisión de bibliografía	12
3.1 Fresa usos y comercialización	12
3.2 Fenología y ciclo de cultivo de la fresa	13
3.3 Variedades de fresa	13
3.4 Calidad del fruto de fresa	14
3.5 Plagas que afectan a la fresa	14
3.6 Taxonomía de <i>Botrytis Cinerea</i>	15
3.7 Signos y síntomas en la fruta	15
3.8 Características morfológicas	15
3.9 Ciclo de la enfermedad	16
3.10 Métodos de control	18
3.11 La Alelopatía y el Nogal	19
3.12 Métodos de extracción	20
IV. Metodología	21
4.1 Área de estudio	21
4.2 Materiales	21
4.2.1 Materiales físicos	21
4.2.2 Materiales de laboratorio	21
4.2.3 Materiales químicos	22
4.2.4 Material biológico	22
4.2.5 Equipos especializados	22
4.3 Metodología	22
4.3.1 Diseño experimental	22
4.3.2 Metodología para el primer objetivo específico	23
4.3.3 Metodología para el segundo objetivo específico	26
4.4 Análisis de datos	27
V. Resultados	28

UCUENCA

5

5.1 Resultados de laboratorio	28
5.2 Resultados de campo	32
VI. Discusión.....	49
6.1 Discusión para resultados obtenidos a nivel de laboratorio	49
6.2 Discusión para resultados obtenidos a nivel de campo	50
VII. Conclusiones	54
VIII. Recomendaciones	54
IX. Referencias	55
X. Anexos	62

Índice de figuras

Figura 1. Fenología y ciclo de cultivo de la fresa	13
Figura 2. Macroconidióforos de <i>B. cinerea</i> vistos bajo microscopio óptico y electrónico	16
Figura 3. Ciclo de la enfermedad provocada por <i>B. cinerea</i>	17
Figura 4. Evolución del promedio de crecimiento micelial in vitro de <i>B. cinerea</i> durante el periodo experimental.	31
Figura 5. Efecto del extracto de nogal en el diámetro del micelio: Medianas del crecimiento bajo tratamientos preventivo (barras naranjas) y curativo (barras verdes). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones	32
Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial promedio de los frutos durante el periodo de evaluación experimental. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones para cada tipo de tratamiento.	36
Figura 7. Evolución del diámetro ecuatorial promedio de los frutos durante el periodo de evaluación experimental. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones para cada tipo de tratamiento.	40
Figura 8. Peso promedio de frutos cosechados durante el periodo de evaluación. Las barras izquierdas representan el método preventivo y las derechas el curativo con sus respectivos tratamientos.	42
Figura 9. Promedio de grados Brix por tratamiento y método. Las barras izquierdas representan el método preventivo y barras derechas el curativo.	44
Figura 10. Evolución de incidencia en cada toma de datos. Los números 1, 2 y 3 indican la semana de evaluación.	46
Figura 11. Evolución de la severidad por en cada toma de datos. Los números 1, 2 y 3 indican la semana de evaluación.	48

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de fungicidas mayormente usados para el control de <i>B. cinerea</i>	18
Tabla 2. Volumen de cada tratamiento colocado a nivel de campo asperjando 20 ml por planta.....	24
Tabla 3. Volumen de cada tratamiento colocado a nivel de laboratorio siguiendo una proporción 1:10 (extracto: medio).....	24
Tabla 4. Escala visual de severidad en frutos de fresa.	26
Tabla 5. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del crecimiento micelial de <i>Botrytis cinerea</i> a nivel de laboratorio.	28
Tabla 6. Resumen de prueba de Kruskal – Wallis del crecimiento micelial de <i>B. cinerea</i> ...	29
Tabla 7. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al crecimiento micelial de <i>B. cinerea</i>	29
Tabla 8. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al crecimiento micelial de <i>B. cinerea</i>	30
Tabla 9. Resumen normalidad y homogeneidad del diámetro ecuatorial.	33
Tabla 10. Resumen de prueba de Kruskal - Wallis del diámetro ecuatorial	33
Tabla 11. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al diámetro ecuatorial.	34
Tabla 12. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al diámetro ecuatorial.	34
Tabla 13. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del diámetro polar.	37
Tabla 14. Resumen de prueba de Kruskal - Wallis del diámetro polar.	37
Tabla 15. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al diámetro polar.	38
Tabla 16. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al del diámetro polar.	39
Tabla 17. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del peso de los frutos (g) de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Monterrey.	41
Tabla 18. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del peso de los frutos (g) de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i>) variedad Monterrey.	43
Tabla 19. Promedio de porcentaje de incidencia de <i>B. cinerea</i> en cada toma de datos por método y tratamiento.	45
Tabla 20. Promedio de severidad según la escala de 0 a 5, en cada toma de datos por método y tratamiento.	47
Tabla 21. Producción y rendimiento del cultivo de fresa.	49

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos de una manera especial a Dios, por brindarnos la oportunidad de culminar nuestros estudios profesionales de manera exitosa, por otorgarnos sabiduría y discernimiento en el transcurso de nuestra carrera. A nuestras familias, especialmente a nuestros padres y hermanos, les expresamos nuestra más profunda gratitud por su amor incondicional, apoyo económico, motivación constante y por haber confiado plenamente en nosotras a lo largo de este camino académico.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Ing. Walter Larriva, director de tesis, por su constante orientación, apoyo y valiosas recomendaciones, que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Conjuntamente, extendemos nuestro reconocimiento al Ing. Eduardo Chica y al Ing. Segundo Maita, revisores de este trabajo, por el tiempo dedicado, sus observaciones y sugerencias, que contribuyeron significativamente al fortalecimiento de nuestra investigación.

Agradecemos a las ingenieras Adriana Tenesaca, Paola Cruz, Amanda Suqui y Mélida Rocano por su apoyo y colaboración durante la etapa experimental, facilitándonos el acceso a materiales, equipos, espacios y brindándonos orientación.

Agradecemos a nuestros compañeros y amigos que brindaron su apoyo durante cada etapa del trabajo, contribuyendo con su presencia, disposición y haciendo que este proceso fuera más llevadero. En especial a Alejandro Rojas, Zayetzi Ruiz, Karla Benítez, Patricia Cabrera, Tania Brito, Israel Calle y Kevin Alvarez.

Finalmente, agradecemos a todos los docentes y al personal administrativo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca por su compromiso con la formación profesional y por el conocimiento compartido, que ha sido enriquecedor a lo largo de nuestra formación como Ingenieras Agrónomas.

Juliana Bautista y Lilian Suárez

Dedicatoria

Este escrito está dedicado a Dios y mi familia. Para mis abuelos, mi papi Manuel que desde el cielo es el angelito que me cuida y mi mami Margarita que Dios me ha dado la bendición de seguir abrazando cada mañana, con todo su cariño y enseñanzas han dejado una huella profunda en mi corazón que nunca se va a borrar. Mi mami Juana que desde el cielo se asegura que siga el buen camino y mi papi Jorge que aún tengo la suerte de abrazar y escuchar sus buenos deseos.

Para mi mami Marisela y mi papi Henry quienes me dieron la vida y siempre han trabajado duro cada día para que nunca nos falte nada, dándonos a sus hijos una vida cómoda, una familia amorosa, valores, moral, sentido de justicia. No me puedo olvidar de mi tía Miriam que es como mi mamá, siempre con sus consejos y apoyo incondicional. Para Josafat, Danna y Francis mis hermanos menores que con sus ocurrencias hacen mis días más bonitos y son la prueba viva del amor, su apoyo en las cosas que hago me hace sentir feliz y espero ser un ejemplo para ustedes, cuenten conmigo siempre y sepan que verlos crecer conmigo ha sido lo más lindo que la vida me dio.

Gracias a todos por su apoyo incondicional en cada paso de mi vida desde que pisé este mundo, al estar hoy en este punto de mi existencia es porque sé que tengo una misión que cumplir, así que esto es por y para ustedes.

Gracias a Patricia, Tania, Israel y Kevin mis amigos y ahora colegas, que con ustedes hemos compartido desde las clases virtuales en época de pandemia y les agradezco por permitirme formar parte de sus experiencias en la universidad. Cinco años pasaron muy rápido, cinco años de trabajos, exámenes, desveladas, lágrimas, enojos, alegrías y risas. Nunca olvidaré su apoyo y estima, solo me queda desearles lo mejor.

Especial gracias a Lili mi compañera de tesis, por su paciencia, apoyo, con quien hemos forjado una buena amistad y por ser la persona con la que compartí esta etapa que puede parecer complicada, pero dos cabezas piensan mejor que una y hemos podido con cualquier cosa juntas.

Y finalmente, para ti que estás leyendo este trabajo, espero que encuentres lo que necesitas en este escrito y solo me queda animarte a seguir adelante.

Juliana Bautista

Dedicatoria

Este trabajo de investigación va dirigido primeramente a Dios por darme la fuerza y valor necesario para enfrentar cada situación de mi vida, tanto personal como académica. De igual forma, les dedico con mucho amor y gratitud a mis admirables, responsables y bellos padres Moises Heriberto Suárez Bautista (Papito) y Carmen Victoria Lazo Procel (Mamita preciosa) quienes me forjaron desde mi niñez valores esenciales como la disciplina, el compromiso, honradez, amistad y amor. Sobre todo, por formar una gran y numerosa familia llena de felicidad con nueve integrantes; por preocuparse por mí, estar atentos a cualquier petición mía y sacrificarse en su trabajo para que no me falte nada, es así que cada momento de apoyo que me brindaron se ve reflejado en este logro, que también es suyo.

A mis cinco hermanas Elizabeth, Daysi Carolina, Kathy, Victoria, Tanya y a mi único hermano Josué, quienes de una u otra manera estuvieron presentes con sus ocurrencias, consejos y apoyo incondicional; incluso ayudándome en mis trabajos. Mi familia puso su confianza en mí desde el inicio de este trayecto en mi carrera profesional y juntos podemos confirmar que he llegado al final de esta meta e inicio de un nuevo camino para ejercer mi carrera.

Asimismo, se la dedico a mi querido licenciado, complemento de vida de colegio y universidad, quien me ha acompañado a vivir experiencias bonitas con risas, conversaciones largas, explorando lugares y formando parte de mi recorrido académico donde su aporte de ideas brillantes ha sumado detalles importantes en mis trabajos. Siempre brindándome muchos ánimos, buenos deseos y éxitos en cada actividad; su presencia en los momentos de mucho trabajo han sido una gran compañía que han aportado en el desarrollo de actividades por la ayuda que me ha brindado en ellos. Como olvidarme de sus consejos, escenarios de vida y sus palabras de apoyo que son aspectos que marcan en mi trayecto cotidiano.

A todas mis amigas en especial a Zayetzi y Karla quienes cooperaron en el transcurso de este trabajo y forman parte de mi amistad universitaria donde reímos, jugamos, estudiamos, dormimos, molestamos, exponemos y otras actividades. Asimismo, a mi compañera de tesis Juliana quien compartió junto a mi esas preocupaciones, miedos e ideas de cómo llevar a cabo el desarrollo y culminación de este trabajo para su posterior publicación. De igual manera, quiero agradecer a mi familia por parte de mi mamá y papá, quienes en más de una ocasión se interesaron genuinamente por mi vida académica, siendo un recordatorio constante del valor de mis raíces y del cariño que me tienen.

I. Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es un cultivo importante en Ecuador, con una producción promedio de 16,27 t/ha, concentrada principalmente en provincias como Pichincha (400 ha), Tungurahua (240 ha), Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay (Manotoa, 2023). Los costos de producción para este cultivo en una hectárea son de alrededor de \$12,792, considerando la inversión inicial y los costos de mantenimiento (Aragón et al., 2019).

La calidad, producción y comercialización de fresa se ve amenazada por la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), un hongo patógeno que ataca flores y provoca pudrición en el fruto durante su desarrollo, maduración y transporte (Koike y Bolsa, 2016). En etapas previas y posteriores de la cosecha, este hongo genera alrededor del 50% de pérdidas significativas de la producción, reduciendo considerablemente la vida útil del fruto (Sevilla et al., 2016).

Chaves y Wang (2004) establecen que las pérdidas económicas por *Botrytis* representan aproximadamente el 30% del total de la producción, pudiendo incrementarse hasta un 40-50% en condiciones de alta humedad y temperaturas de 10 a 25 °C. Se encuentra dentro de las enfermedades de importancia comercial, cuya diseminación de las esporas se debe a factores como el agua y el viento. Afecta a las flores, botones florales, frutos verdes y maduros por lo que es importante su control desde el inicio con fungicidas preventivos y/o curativos (Olivera, 2012).

Este hongo tiene la capacidad de desarrollarse y propagarse en tejidos dañados, senescentes y muertos de la fresa, pudiendo afectar hasta el 95% de los frutos después de 48 horas de cosechados (Capelo y Roche, 2014). Para el control y prevención de *Botrytis*, la forma más común y cotidiana en la actualidad es el uso de fungicidas con aplicación temprana (Palchisaca, 2018). Sin embargo, esto genera gastos y pérdidas para los agricultores, además de incrementar el riesgo de afectación a la salud humana y el medio ambiente (Pazmiño, 2018).

Actualmente, el uso y empleo de extractos de plantas o vegetales son métodos alternativos de control de patógenos ya que, podrían minimizar la dependencia de productos químicos y promover prácticas agrícolas sostenibles (Hernández et al., 2007), siendo un claro ejemplo el extracto de nogal negro (*Juglans nigra* L.). Esta y otras especies de Juglandaceas han mostrado un buen poder antifúngico en el control de *Botrytis cinerea* al presentar una inhibición de la germinación de esporas entre el 90% y el 99% (Wilson et al., 1997). Este

comportamiento se le atribuye a la juglona un compuesto activo que se puede aislar de órganos como hojas, raíz y frutos de la planta de nogal (Samprieto, 2003).

Con base a los primeros estudios científicos sobre efectos alelopáticos llevados a cabo en nogales europeos (*Juglans regia*) y americanos (*Juglans nigra*), destacan a la juglona como posible responsable de estos efectos. Además de que, se ha descubierto que la juglona se excreta por las hojas y, con la ayuda del agua de lluvia, se desplaza hacia la vegetación que se encuentra debajo (Maldonado y Encalada, 2008).

II. Objetivos

2.1 Objetivo general

- Evaluar extracto de nogal como método preventivo y/o curativo de *Botrytis cinerea* en cultivo de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la dosis óptima del extracto de nogal para la prevención y control de *Botrytis cinerea* en fresa a nivel de laboratorio y campo.
- Identificar los efectos y viabilidad del uso del extracto de nogal en el cultivo de fresa afectada por *Botrytis cinerea*.

III. Revisión de bibliografía

3.1 Fresa usos y comercialización

La fresa se destaca por su versatilidad en diversos campos, desde el medicinal hasta el industrial. En términos medicinales, su alto contenido de vitamina C y propiedades antioxidantes la convierten en una aliada en la prevención de enfermedades cardíacas y cáncer de colon. Además, su fibra promueve la salud intestinal, mientras que los flavonoides presentes en la fruta tienen potencial anticancerígeno y contribuyen a la coagulación sanguínea (Alvarado, 2013).

En la industria alimentaria, la fresa es apreciada por su uso en la elaboración de diversos productos y bebidas gracias a su vibrante color, aroma y sabor (Alvarado, 2013). La demanda interna de fresas en Ecuador es principalmente atendida por pequeños productores, aunque un porcentaje significativo se destina a la exportación, lo que sugiere un amplio potencial en el mercado internacional (Saraguro, 2023; Tustón, 2013).

Las principales áreas de mercado incluyen Esmeraldas, Manta, Cuenca y Guayaquil, que actúa como distribuidor para los mercados minoristas en la capital. La ubicación estratégica y las buenas condiciones de las carreteras facilitan el transporte y la distribución de la producción brindando oportunidades para productores e intermediarios en el mercado (Saraguro, 2023; Tustón, 2013).

3.2 Fenología y ciclo de cultivo de la fresa

La fresa posee tres etapas de desarrollo, primero la etapa vegetativa donde ocurre la brotación, el desarrollo de las hojas y el desarrollo de partes vegetativas. Segundo la etapa reproductiva donde aparecen órganos florales, las primeras flores se abren y después la planta se encuentra en plena floración para luego dejar caer los pétalos. Tercero la etapa productiva, donde sucede el cuajado de frutos, la maduración de frutos y la senescencia acompañado del reposo vegetativo (SENA, 2014).



Figura 1. Fenología y ciclo de cultivo de la fresa

Adaptado de: SENA, 2014.

3.3 Variedades de fresa

La fresa es uno de los productos agrícolas que se cultiva en el Ecuador y puede llegar a producir comercialmente hasta por dos años. Algunas de las variedades son: Oso Grande, Diamante, Monterrey y Albión con textura y peso similar a otras variedades que se producen. La mayor producción está concentrada en Pichincha que tiene 400 hectáreas cultivadas y Tungurahua con 240 hectáreas. En otras provincias como Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay la producción no supera las 40 hectáreas (Chimborazo, 2014).

La variedad Monterrey muestra floración en abundancia y un follaje bastante frondoso, se asemeja en el sabor dulce a la variedad Albión y posee una producción constante y estable, además, presenta cierto nivel de resistencia o tolerancia a *Botrytis*, pero es sensible y susceptible a trips, ácaros y hongos como el Oídio (Sánchez, 2022).

3.4 Calidad del fruto de fresa

La calidad de los frutos de fresa está asociados a su apariencia o presentación externa e interna, es decir su sabor, color, tamaño, peso, aroma y firmeza (Jouquand et al., 2008). Estas características, están determinadas principalmente por la genética de los cultivares y la parte influyente de los factores ambientales y las prácticas agrícolas empleadas en el cultivo; básicamente, el aumento en la longitud, ancho y peso del fruto están vinculados a la capacidad fotosintética de la planta, es decir que al aumentar la fotosíntesis en las plantas se favorece al desarrollo vegetativo con respecto a estas variables. Este aumento en la fotosíntesis podría estar relacionado con un desarrollo vegetativo más vigoroso, incluyendo un mayor número de hojas funcionales que fomentan la eficiencia en el uso de la luz por la acumulación de fotoasimilados que favorecen el crecimiento del fruto (Negi et al., 2021)

3.5 Plagas que afectan a la fresa

El cultivo de fresas se ve amenazado por una serie de plagas como la arañita roja, que se alimenta del tejido verde y se refugia principalmente en el envés de las hojas; los pulgones, responsables del amarillamiento foliar y la posible transmisión de virus; el gusano blanco, que debilita las raíces y puede llevar a la muerte de la planta; las babosas y caracoles, que se alimentan de los frutos provocando su descomposición; y los trips de las flores, que ocasionan manchas herrumbrosas en los sépalos y pueden resultar en la necrosis prematura de los estilos florales y el aborto floral (Palchisaca, 2018).

En otros casos, la planta de fresa se ve amenazada por infecciones bacterianas y fúngicas como el moho gris, antracnosis y mildiu polvoroso. Estas enfermedades, se caracterizan por la afección directa en la calidad del fruto hasta provocar su pérdida total (Yang et al., 2023). En los campos de producción de fresas, *Botrytis cinerea* hiberna en el material vegetal tanto fresco como muerto, este se encuentra inactivo en los órganos de la planta vivos durante periodos cortos o largos hasta la senescencia de la hoja para proceder a la esporulación (Weber y Petridis, 2023).

Las esporas presentes en el material muerto son la fuente principal del inóculo para las infecciones del fruto; iniciando en la etapa de floración y avanza lentamente hasta que la fruta empieza a madurar. Debido a que, en este proceso de cambios bioquímicos y fisiológicos para la maduración del fruto favorecen al desarrollo de *Botrytis*. Es decir que, mientras la maduración del fruto está en progreso, aumenta la susceptibilidad de la fresa a la enfermedad fúngica. Esto difiere con los frutos en su etapa inmadura o verdes ya que, estos presentan una mayor resistencia a la infección al restringir el crecimiento causando quiescencia

(Petrasch et al., 2019). Por ello, el control se realiza mediante la aplicación temprana de fungicidas a base de Zineb o Benomil (Palchisaca, 2018).

3.6 Taxonomía de *Botrytis Cinerea*

Nombre Común: Moho gris

Nombre Científico: *Botrytis cinerea*

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Género: *Botrytis*

Familia: *cinerea*

Fuente: Koike y Bolsa, 2016.

3.7 Signos y síntomas en la fruta

Los síntomas de *Botrytis cinerea* se manifiestan principalmente durante el proceso de maduración o en frutos ya maduros, caracterizándose por masas de micelio gris en la superficie de los frutos. La secuencia típica de esta enfermedad comienza con una mancha inicial marrón clara o amarillenta cerca del cáliz, la cual se transforma en una cubierta de moho gris que se extiende por toda la fruta (Sevilla et al., 2016).

En cuanto, a los signos más comunes de *Botrytis* es la presencia de micelio blanco, grisáceo o parduzco en los tejidos infectados, afectando tanto al follaje como a las frutas, las cuales pueden deshidratarse y desarrollar pudriciones internas húmedas. Un síntoma notable en los frutos es la mancha fantasma, que se forma alrededor de un punto central necrótico y se presenta como un anillo tenue blanquecino en frutos verdes, y amarillos en frutos maduros, afectando así la presentación (Tómalo, 2015).

Los síntomas varían en la planta y las condiciones de crecimiento, siendo visible un micelio gris en condiciones de alta humedad, acompañado de la liberación de esporas en forma de nubes. Durante el monitoreo del cultivo, las lesiones comienzan como manchas marrones a grises sin margen distintivo, manteniendo una textura firme, y sólo desarrollan un crecimiento de esporas gris-marrón bajo condiciones favorables de temperatura entre 15°C y 25°C (Tómalo, 2015).

3.8 Características morfológicas

El hongo *Botrytis cinerea* presenta diversas estructuras clave para su dispersión y supervivencia. Los conidióforos o macroconidióforos, originados principalmente de la masa hifal o los esclerocios, son filamentos ramificados con vesículas terminales que contienen

conidios, siendo estas esenciales para su dispersión. Los conidios son imprescindibles para la supervivencia del hongo en condiciones adversas. Las clamidosporas, formas de resistencia derivadas del micelio, son vitales en condiciones críticas y germinan para formar nuevas hifas y conidios cuando hay nutrientes disponibles (Holz et al., 2007).

Por último, los esclerocios, fundamentales para la supervivencia y reproducción, pueden producir apotecios que generan grandes cantidades de conidios (Espinosa, 2006). La formación de esclerocios está influenciada por factores ambientales como temperatura, la luz, el pH y la composición del tejido sobre el cual se desarrollan. Dentro de los esclerocios se encuentran pigmentos melánicos y una reserva de nutrientes que contribuyen a su resistencia (Holz et al., 2007).

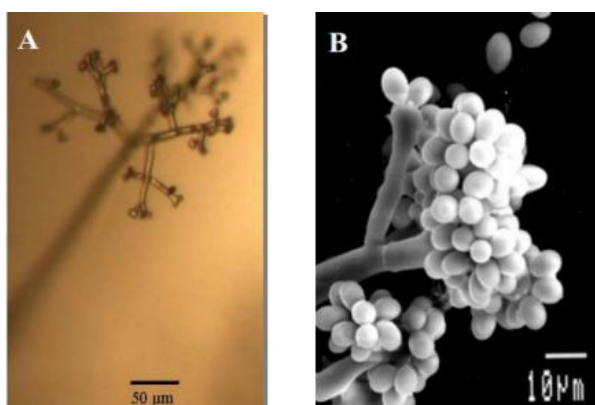


Figura 2. Macroconidióforos de *B. cinerea* vistos bajo microscopio óptico y electrónico

Fuente: Espinosa, 2006. Obtenido de: Llanos, 2017.

3.9 Ciclo de la enfermedad

El patógeno puede ser introducido en los cultivos de fresa por trasplantes contaminados, estructuras invernales que sobreviven en el suelo o residuos de las plantas, y la presencia activa del hongo en cultivos adyacentes (Koike y Bolsa, 2016). La infección de este hongo consta de cuatro ciclos iniciando desde la producción de la espóra sobre cualquier material vegetal, que se transporta a largas distancias mediante corrientes de aire hasta alcanzar a su huésped para dar lugar al ciclo de infección donde se adhiere y germina (Benito et al., 2000).

El hongo penetra a través de heridas o aberturas naturales ocasionadas en una especie vegetal, esto mediante procesos enzimáticos o mecánicos hasta provocar la muerte de las células al punto de penetración, para así lograr una lesión primaria como consecuencia de los mecanismos de defensa de la planta que entra en una fase de latencia por tratar de controlar al hongo. Sin embargo, el patógeno vence las barreras y comienza la proliferación

en el tejido vegetal y lo contamina para que produzca una generación de esporas que inicien con un nuevo ciclo de infección que están asociadas netamente a factores como la temperatura para su desarrollo (Benito et al., 2000).

De tal manera que, en condiciones frescas y húmedas, este patógeno produce esporas que se dispersan por el viento y el agua, infectando las plantas de fresa. A su vez, las esporas requieren humedad en los tejidos de las plantas para causar infecciones, y su producción aumenta con la duración de la humedad libre y en un rango de temperaturas óptimas entre 15 a 22°C (Koike y Bolsa, 2016).

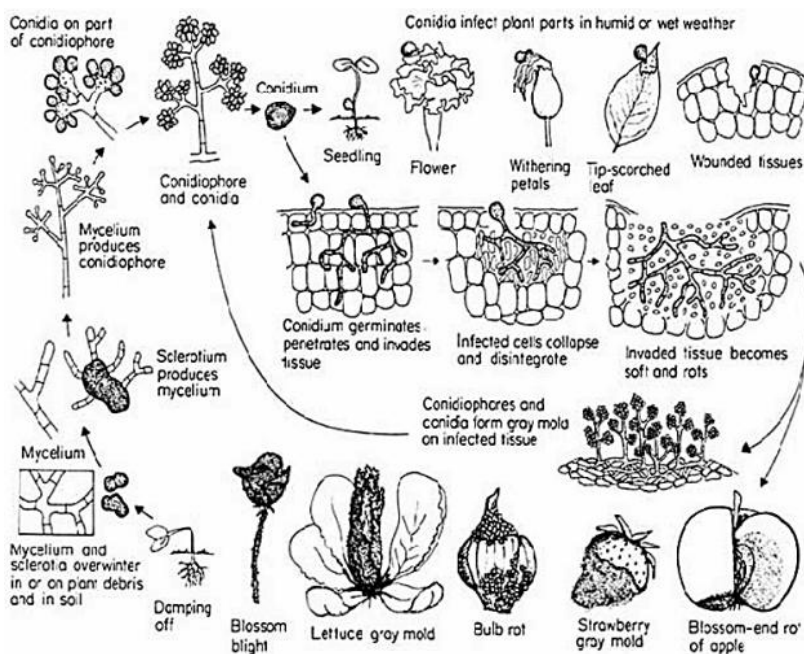


Figura 3. Ciclo de la enfermedad provocada por *B. cinerea*.

Fuente: Agrios, 1997.

Una vez que las esporas infectan las flores, pueden causar pudrición, lo que lleva a la formación de fruta malformada o su muerte. Los síntomas del hongo también pueden permanecer latentes o en silencio en los frutos verdes, y cuando estos empiezan a madurar el hongo se activa, momento en el cual se desarrollan lesiones visibles, una capa de micelio grisáceo cerca del cáliz, el fruto se reblandece, mancha y pierde su valor comercial. Por ende, las frutas infectadas pueden propagar el hongo, generando ciclos de infección y enfermedades (Koike y Bolsa, 2016).

Además, la pérdida de fruta después de la cosecha puede ocurrir debido a infecciones latentes que se activan más tarde, la contaminación durante la cosecha o almacenamiento junto a frutas enfermas se conoce como anidación (Koike y Bolsa, 2016). De forma que,

algunas investigaciones han mostrado que la infección por *B. cinerea* puede alterar la composición y/o calidad de los frutos por ejemplo en los sólidos solubles (Echenique-Martínez et al.,2023)

3.10 Métodos de control

Botrytis cinerea se encuentra dentro de las enfermedades de importancia comercial, ya que se desarrolla favorablemente bajo condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20 °C, la diseminación de esporas está anclada a factores como agua o viento. Afecta a las flores, botones florales, frutos verdes y maduros por lo que es importante su control desde el inicio con fungicidas preventivos como mancozeb y curativos como carbendazim, iprodione, pirimetanil, procimidone o tebuconazole (Olivera, 2012).

Tabla 1. Lista de fungicidas mayormente usados para el control de *B. cinerea*.

Químico	Producto
Thiophanate-methyl	Topsin M
Iprodione	Rovral
Boscalid	Endura
Cyprodinil	Vanguard
Pyrimethanil	Scala
Pyraclostrobin	Cabrio
Fludioxonil	Scholar
Fenhexamid	Elevate
Captan	Captan
Thiram	Thiram
Cyprodinil + fludioxonil	Switch
Pyraclostrobin + boscalid	Pristine

Fuente: Capelo y Roche, 2016. Obtenido de: Matute, 2019.

Otro de los casos para mantener la sanidad del cultivo es mediante el control del riego, manteniendo condiciones no favorables para el desarrollo de la enfermedad, sumado a esto se realizan prácticas como la eliminación de todos los frutos que muestren la presencia del hongo, evitando así contagiar a los frutos más cercanos. El control también se puede realizar con hongos antagonistas como *Gliocladium roseum* que puede tener un efecto de control similar al mancozeb (Olivera, 2012).

De igual forma, el uso de pesticidas botánicos o bioquímicos que son un grupo importante de protectores naturales de cultivos, de acción lenta, que incorporan mezclas de compuestos biológicamente activos y no desarrollan resistencia en plagas. En su forma básica, pueden ser preparaciones crudas de plantas, como polvos de flores, raíces, semillas, hojas, tallos y

aceites esenciales, cuyas fórmulas comúnmente son extractos concentrados o líquidos (Pavela, 2016).

3.11 La Alelopatía y el Nogal

La alelopatía, originada de las palabras griegas *allelon* (uno al otro) y *pathos* (sufrir), fue acuñada inicialmente para describir los efectos negativos o positivos que surgen de la acción de ciertos compuestos químicos liberados por una planta y que afectan directa o indirectamente a otra. Bajo esta definición, en el proceso alelopático, una planta emisora libera compuestos químicos al ambiente a través de diferentes medios, como la lixiviación o la descomposición de residuos (Molisch, 1937). Estos compuestos, al ser absorbidos por otra planta receptora, pueden tener consecuencias tanto negativas como positivas en su germinación, crecimiento o desarrollo.

Estos químicos responsables de la interacción se conocen como compuestos, agentes o sustancias alelopáticas (Blanco, 2006). Estudios han demostrado que extractos de *Juglans regia* poseen propiedades antioxidantes y antifúngicas, atribuidas a su alto contenido de compuestos fenólicos, lo que podría contribuir a la preservación de la calidad del fruto (Fernández et al., 2019).

Los nogales pertenecen a la orden de los Juglandales, la cual incluye una única familia, Juglandaceae que tiene una antigüedad aproximada de 135 millones de años. Los árboles de esta son caducifolios y leñosos, con flores monoicas, unisexuales y apétalas. Sus hojas son compuestas e innatas, y el fruto se presenta en forma de nuez rodeada por una especie de cúpula. Esta familia comprende siete géneros que incluyen alrededor de 70 especies en total (Salinas, 2004).

La hojarasca, por su contenido elevado de taninos, obstaculiza el crecimiento de ciertos organismos cercanos, lo que la convierte en una planta con propiedades alelopáticas. Esto promueve la formación de comunidades vegetales similares en su entorno, con familias botánicas como Fagaceae, Betulaceae, Casuarinaceae, Myricaceae, Urticaceae y Leguminosae. Además, facilita asociaciones beneficiosas de las raíces con micorrizas arbusculares (Toro y Roldán, 2018).

La primera observación registrada sobre efectos alelopáticos se remonta al siglo I a.C., cuando el naturalista Plinio el Viejo notó la escasa presencia de hierba debajo de algunos nogales. Sin embargo, no fue hasta finales del siglo XIX y principios del XX que se comenzaron a realizar observaciones más sistemáticas sobre las relaciones entre las plantas. Los primeros estudios científicos sobre efectos alelopáticos se llevaron a cabo en nogales

Europeos (*Juglans regia*) y americanos (*Juglans nigra*), lo que destacó la presencia de una sustancia, la juglona, como posible responsable. Se ha descubierto que la juglona se excreta por las hojas y, con la ayuda del agua de lluvia, se desplaza hacia la vegetación que se encuentra debajo (Maldonado y Encalada, 2008).

Juglans neotropica Diels, una especie nativa de los Andes, actualmente está amenazada por la deforestación derivada de actividades agropecuarias. Por años ha sido aprovechada por sus propiedades en las industrias maderera, textil, alimentaria y medicinal (Morales y Armenteras, 2013). Su hojarasca, rica en taninos, tiene efectos alelopáticos, y de sus raíces, corteza, hojas y frutos se extrae juglona, un compuesto con propiedades ictiotóxicas y fungistáticas (Masías, 2007). Aunque estudios han enfocado su uso medicinal, sería interesante explorar su potencial en el ámbito agrícola.

Las quinonas y sus derivados, incluida la juglona y las naftoquinonas, son productos de la ruta metabólica del ácido shikímico, estas se han logrado aislar para comprobar su presencia en el nogal (Samprieto, 2003). Los extractos de diferentes especies de nogal han mostrado un buen poder antifúngico, consiguiendo inhibición de la germinación de esporas entre el 90% y el 99% (Wilson et al., 1999).

3.12 Métodos de extracción

Los polifenoles que son taninos tóxicos derivados del ácido benzoico y los flavonoides, favorecen la resistencia de la planta frente a patógenos y cumplen funciones de defensa, su aislamiento y obtención está ligado a técnicas extractivas, las principales son la maceración, digestión, infusión, destilación y extracción continua (Cusquillo, 2014). Los extractos de plantas y los aceites esenciales muestran actividad antifúngica contra una amplia gama de hongos (Wilson et al., 1997).

Otro de los métodos de extracción descrito por Wilson et al. (1997) y usado *in vitro*, es a través de la congelación durante 12 horas a -20 °C y descongelación por 20 minutos del material vegetal, ya que esto permite la fractura de las células vegetales y provoca que sus fluidos se extraigan fuera del tejido. A su vez, es necesario, que el extracto se esterilice con filtración pasándolo a través de un filtro de jeringa de 0,22 µm.

De igual forma, la obtención de extractos hidroetanólicos es otro de los métodos comunes que se usan como fungicidas botánicos para el control de *B. cinerea* y otros hongos fitopatógenos. Este método consiste en la maceración de 1000 g de materia seca de cualquier órgano de la planta de interés junto con 5000 ml de etanol al 20% durante 72 h.

Posteriormente la mezcla se filtra y somete a evaporación a 90 °C mediante cocción para la evaporación del alcohol hasta la mitad de su volumen (Obodoni y Ochuko, 2001).

IV. Metodología

4.1 Área de estudio

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, ubicada en las coordenadas 2°55'12.16" S, 79°01'30.19" O (latitud: -2.920044, longitud: -79.025052). Los ensayos se condujeron bajo condiciones controladas de laboratorio e invernadero. En campo se registraron temperaturas mínimas de 9,3 °C y máximas de 55,8 °C a lo largo del ensayo con ayuda de un termohigrómetro.

4.2 Materiales

4.2.1 Materiales físicos

- Aspersores
- Cuaderno
- Lápiz
- Cinta de embalaje transparente
- Etiquetas de cartulina
- Flexómetro
- Paletas de madera
- Fundas de vivero (5 cm x 1,5 cm x 9 cm)
- 2 estructuras de madera (98 cm × 270 cm) cubiertas de tela blanca

4.2.2 Materiales de laboratorio

- Cajas Petri de vidrio
- Papel film plástico
- Fundas transparentes
- Goteros ámbar
- Frasco ámbar
- Atomizadores plásticos
- Cinta de papel
- Marcador permanente
- Colador
- Gasas estériles
- Embudo
- Agua destilada
- Vasos de precipitación
- Pipeta Pasteur
- Jeringas plásticas
- Varillas de vidrio
- Bisturí
- Pinzas
- Asa de metal
- Asa triangular de vidrio

- Sacabocados (5 mm y 4 mm)
- Mechero
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Cinta adhesiva transparente
- Cámara de Neubauer

4.2.3 Materiales químicos

- Disolución de extracto de nogal
- Agar
- Dextrosa
- Ácido láctico al 25%
- Fertilizante foliar orgánico (7,9% p/p aminoácidos libres totales, 2% p/p ácido fúlvico, 0,04% p/p boro (B), 0,4% p/p manganeso (Mn), 1,2% p/p zinc (Zn))
- Glicerina
- Azul de metileno
- Alcohol al 20%
- Alcohol al 70%

4.2.4 Material biológico

- Hojas de *Juglans neotropica*
- Plantas de fresa variedad Monterrey
- Frutos de fresa sanos e infectados con *Botrytis cinerea*
- Papa variedad Superchola

4.2.5 Equipos especializados

- Cámara de flujo laminar
- Autoclave
- Incubadora
- Placa calentadora
- Balanza
- Microscopio óptico
- Calibrador digital (precisión: $\pm 0,2$ mm $\pm 0,01$ ")
- Refractómetro (precisión: $\pm 0,5\%$)

4.3 Metodología

4.3.1 Diseño experimental

Se implementó un diseño completamente al azar (DCA) evaluando los métodos de aplicación preventivo y curativo con cinco tratamientos o concentraciones de extracto de nogal (0% - control, 5%, 10%, 15% y 20%). La unidad experimental en campo correspondió a plantas individuales de fresa, mientras que en laboratorio fueron cajas Petri individuales. Para los ensayos en campo se emplearon 120 plantas de fresa, 60 por cada método distribuidas en los 5 tratamientos y en laboratorio se siguió el mismo esquema con las cajas Petri.

4.3.2 Metodología para el primer objetivo específico

Aislamiento de *Botrytis cinerea*

A nivel de laboratorio se procedió al aislamiento y obtención de una cepa pura del hongo patógeno *Botrytis cinerea*, extraído de frutos de fresa que presentaban signos de la enfermedad. Para este proceso se preparó medio de cultivo PDA para seis cajas Petri, y en la cámara de flujo laminar se tomó una porción del micelio con un asa estéril, depositándolo en el centro de cada caja, las cuales se sellaron con papel film plástico. Las cajas se incubaron a 25°C hasta su uso, realizando subcultivos para asegurar la pureza del hongo. Posteriormente, para comprobar la patogenicidad del hongo aislado, se aplicaron los postulados de Koch utilizando tres plantas de fresa y frutos maduros.

Preparación del extracto de nogal

Se recolectaron folíolos de un ejemplar joven de *Juglans neotropica* en estado vegetativo. Siguiendo la metodología descrita por Obodoni y Ochuko (2001), se utilizaron 500 g de hojas secadas a temperatura ambiente durante tres días. Posteriormente, las hojas se trituraron manualmente y se cortaron con tijeras para homogeneizar el tamaño de partículas. El material se maceró en un frasco ámbar con 2.5 L de etanol al 20%, agitándose diariamente durante 72 horas para optimizar la extracción de compuestos activos.

Purificación del extracto

El macerado se filtró con gasas estériles y colador, luego se dejó reposar 24 horas para la decantación antes de un segundo filtrado. Posteriormente, la fase líquida se concentró por evaporación en una plancha calefactora a temperaturas entre 85-90°C durante 1 hora, utilizando vasos de precipitación y control termométrico, esto hasta reducir el volumen al 50% obteniendo 600 ml. El extracto se almacenó en frasco ámbar en condiciones de oscuridad en un sitio fresco y seco hasta su uso.

Manejo del cultivo experimental

En invernadero, se cultivaron plantas de fresa (*Fragaria × ananassa* cv. Monterrey) en fases fenológicas de preantesis y antesis. Estas se trasplantaron a sustrato estéril de turba en fundas negras (5 cm × 1,5 cm × 9 cm; 0,67 L capacidad), dispuestas sobre mesas y cubiertas por estructuras de madera triangular con tela blanca que funcionaba como protección física y regulación microclimática. Post-trasplante, se aplicó fertilizante foliar orgánico con la recomendación del fabricante y riego controlado dos a tres veces por semana manteniendo

humedad de sustrato sin encharcamiento. Las unidades experimentales se aleatorizaron y etiquetaron.

Preparación de tratamientos

Se preparó una disolución con agua destilada a diferentes concentraciones, siguiendo la metodología de Pazmiño et al. (2017), para los ensayos de campo, y la metodología de Zuñiga, Rivera y Cotoras (2013) para los ensayos de laboratorio utilizando una relación 1:10 de extracto y medio de cultivo. A todas las concentraciones se les adicionó glicerina como coadyuvante, según lo reportado por Aguirre et al. (2012), para facilitar la mezcla de los componentes y principalmente evitar la formación de precipitados.

Tabla 2. Volumen de cada tratamiento colocado a nivel de campo asperjando 20 ml por planta.

Tratamiento	Volumen			
	Extracto (ml)	Glicerina (ml)	Agua destilada (ml)	Total (ml)
0% - Control	0	0	0	0
5%	25	5	470	500
10%	50	5	445	500
15%	75	5	420	500
20%	100	5	395	500

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 3. Volumen de cada tratamiento colocado a nivel de laboratorio siguiendo una proporción 1:10 (extracto: medio).

Tratamiento	Volumen			
	Extracto (ml)	Glicerina (ml)	Agua destilada (ml)	Total (ml)
0% - Control	0	0	0	0
5%	2	0,4	37,6	40
10%	4	0,4	35,6	40
15%	6	0,4	33,6	40
20%	8	0,4	31,6	40

Nota: Cada una de las concentraciones se aplicó en 400 ml de medio PDA que sirvió para 12 cajas Petri, esto en el método preventivo y se replicó para el método curativo.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Aplicación de tratamientos en campo

La experimentación se desarrolló simultáneamente en campo y laboratorio. Siguiendo la metodología de Taborda et al. (2015) se inocularon todas las plantas con 5 ml de una suspensión de 10^5 esporas/ml de *Botrytis cinerea*. Las diferentes concentraciones del extracto se aplicaron preventivamente a todas las plantas de este método y en el curativo se aplicaron posterior a la observación de signos o síntomas.

Para obtener la concentración objetivo de 10^5 esporas/ml, se realizó un conteo preliminar usando cámara de Neubauer. Se preparó una suspensión de 30 ml de agua destilada con micelio recolectado de dos cajas Petri con *Botrytis cinerea*. El conteo se realizó aplicando la fórmula estandarizada: esporas/ml = (número de esporas contadas) $\times 10^4$, obteniendo una concentración inicial de $1,57 \times 10^5$ esporas/ml. Para preparar el volumen final de 600 ml, se calcularon y utilizaron ocho cajas Petri, estimando un aporte de $7,5 \times 10^6$ esporas por caja.

Aplicación de tratamientos en laboratorio

Se prepararon dos litros de medio PDA divididos en cinco partes para el método preventivo, el extracto se esterilizó en autoclave y se mezcló con el PDA en la cámara de flujo laminar antes de dispensar. Además, se prepararon dos litros de PDA para dispensar 60 cajas Petri del método curativo.

A las 24 horas post-preparación se inoculó en todas las cajas discos de *B. cinerea*, tomados con un sacabocados de 5 mm para el preventivo y 4 mm curativo, finalmente las cajas fueron selladas con papel film plástico. La incubación se mantuvo a 22°C que fue la temperatura óptima determinada en pruebas preliminares con esta cepa de *Botrytis cinerea*.

Luego de 48 horas de inoculación se observó crecimiento micelial en el método curativo, por lo que se procedió a colocar las diferentes concentraciones de extracto mediante aspersion. Finalmente, todas las cajas se etiquetaron aleatoriamente tras la asignación de tratamientos.



4.3.3 Metodología para el segundo objetivo específico

Para identificar los efectos y viabilidad del uso de este extracto fue necesario tomar en cuenta las variables a medir del estudio, obteniendo datos diarios por tres semanas. Esto se hizo con una muestra de cada tratamiento para un mejor manejo de datos.

A nivel de laboratorio se escogieron al azar seis cajas Petri de cada tratamiento y se evaluaron parámetros como el tiempo y el área de crecimiento del micelio, tomando fotografías diarias por tres semanas. A nivel de campo, se escogieron al azar seis plantas de cada tratamiento y las variables medidas fueron en los frutos: diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso y grados Brix, además de la producción y rendimiento final de cada método y tratamiento.

Adicionalmente, se evaluó la incidencia y severidad del patógeno, adaptando la metodología aplicada por Fernández (2017), en este caso se evaluaron dichos parámetros semanalmente. Para incidencia, a nivel de población de cada tratamiento se verificó si cada planta a nivel general presentaba algún signo o síntoma de la enfermedad. Para severidad, de cada planta se tomaron dos frutos al azar y se evaluaron tomando en cuenta la siguiente escala:

Tabla 4. Escala visual de severidad en frutos de fresa.

Escala de severidad		
Valor	Descripción	Ejemplo
0	Fruto sano (Sin infección visible)	
1	Hasta 1 % de daño (indicios de la enfermedad)	

- 2 1 al 5 % del área del fruto dañada
- 3 6 al 25 % del área del fruto dañada
- 4 26 al 50 % del área del fruto dañada
- 5 Más del 50 % del área del fruto dañada



Elaborado por: Bautista & Suárez (2025). **Adaptado de:** Fernández, 2017.

4.4 Análisis de datos

Los datos recopilados fueron registrados en una libreta de campo y en Excel. Las fotografías del crecimiento del micelio se analizaron y procesaron con el programa Image J. Para el procesamiento de los datos se trabajó en R-studio, corroborando primero la normalidad con un test de Shapiro - Wilk y la homogeneidad con un test de Levene, al tener datos normales se aplicó ANOVA y test de Tukey, si los datos no eran normales se aplicaron test no paramétricos como Kruskal-Wallis y Dunn. De esta manera se pudo comprobar si existían diferencias significativas y los grupos que presentaban dichas diferencias.

V. Resultados

5.1 Resultados de laboratorio

La Tabla 5 muestra los análisis de normalidad y homogeneidad donde los datos no cumplían con los supuestos y se optó por usar el test de Kruskal-Wallis para comprobar si existen diferencias significativas. Los resultados se ven en la Tabla 6 donde se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos y métodos.

Tabla 5. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del crecimiento micelial de *Botrytis cinerea* a nivel de laboratorio.

Análisis	Agrupación	Estadístico (W)	Valor p	Interpretación
Normalidad (Shapiro-Wilk) Curativo	0%	0,929	$1,79 \times 10^{-4}$	No normal
	5%	0,824	$1,35 \times 10^{-8}$	No normal
	10%	0,915	$3,86 \times 10^{-5}$	No normal
	15%	0,595	$7,29 \times 10^{-14}$	No normal
	20%	0,931	$2,19 \times 10^{-4}$	No normal
Normalidad (Shapiro-Wilk) Preventivo	0%	0,781	$7,44 \times 10^{-10}$	No normal
	5%	0,524	$4,59 \times 10^{-15}$	No normal
	10%	0,669	$1,83 \times 10^{-12}$	No normal
	15%	0,822	$1,18 \times 10^{-8}$	No normal
	20%	0,887	$2,29 \times 10^{-6}$	No normal
Homogeneidad de varianzas (Levene)		F = 41,53	$p < 2,2 \times 10^{-16}$	Varianzas no homogéneas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 6. Resumen de prueba de Kruskal – Wallis del crecimiento micelial de *B. cinerea*.

Método	Estadístico (χ^2)	gl	Valor p	Interpretación
Curativo	136,0	4	4×10^{-28}	Diferencias significativas
Preventivo	78,3	4	$3,97 \times 10^{-16}$	Diferencias significativas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Finalmente, en las Tablas 7 y 8 destaca el método curativo a concentraciones de 10% y 15% y el método preventivo a concentraciones de 5% y 20%, que fueron las más eficaces en controlar el crecimiento micelial. El efecto producido por estos métodos especialmente el curativo demuestra un control significativo sobre la enfermedad a nivel de laboratorio.

Tabla 7. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al crecimiento micelial de *B. cinerea*.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	p.adj	Significancia
Curativo	0% - 5%	-8,26	$4,68 \times 10^{-16}$	****
Curativo	0% - 10%	-5,61	$5,00 \times 10^{-8}$	****
Curativo	0% -15%	-9,88	$4,89 \times 10^{-22}$	****
Curativo	0% -20%	-9,76	$8,47 \times 10^{-22}$	****
Curativo	10% - 15%	-4,27	$3,87 \times 10^{-5}$	****
Curativo	10% - 20%	-4,15	$5,62 \times 10^{-5}$	****
Curativo	10% - 5%	-2,65	$1,14 \times 10^{-2}$	*

*Nota: Significancia **** ($p < 0.0001$) representa diferencias altamente significativas y * ($p < 0.05$) diferencias marginalmente significativas.*

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 8. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al crecimiento micelial de *B. cinerea*.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	p.adj	Significancia
Preventivo	0% - 5%	-2,53	$1,63 \times 10^{-2}$	*
Preventivo	0% - 10%	-5,61	$6,81 \times 10^{-8}$	****
Preventivo	0% - 20%	2,30	$2,71 \times 10^{-2}$	*
Preventivo	10% - 5%	3,08	$3,47 \times 10^{-3}$	**
Preventivo	10% - 15%	6,54	$3,15 \times 10^{-10}$	****
Preventivo	10% - 20%	7,90	$2,70 \times 10^{-14}$	****
Preventivo	15% - 5%	-3,46	$1,09 \times 10^{-3}$	**
Preventivo	20% - 5%	-4,83	$3,49 \times 10^{-6}$	****

*Nota: Significancia **** ($p < 0.0001$) representa diferencias altamente significativas, ** ($p < 0.01$) diferencias significativas, y * ($p < 0.05$) diferencias marginalmente significativas.*

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

A continuación, en la Figura 4 se presentan las distintas curvas de crecimiento micelial obtenidas a lo largo del período de evaluación. Estas permiten visualizar y comparar la dinámica del desarrollo del micelio bajo los distintos tratamientos establecidos.

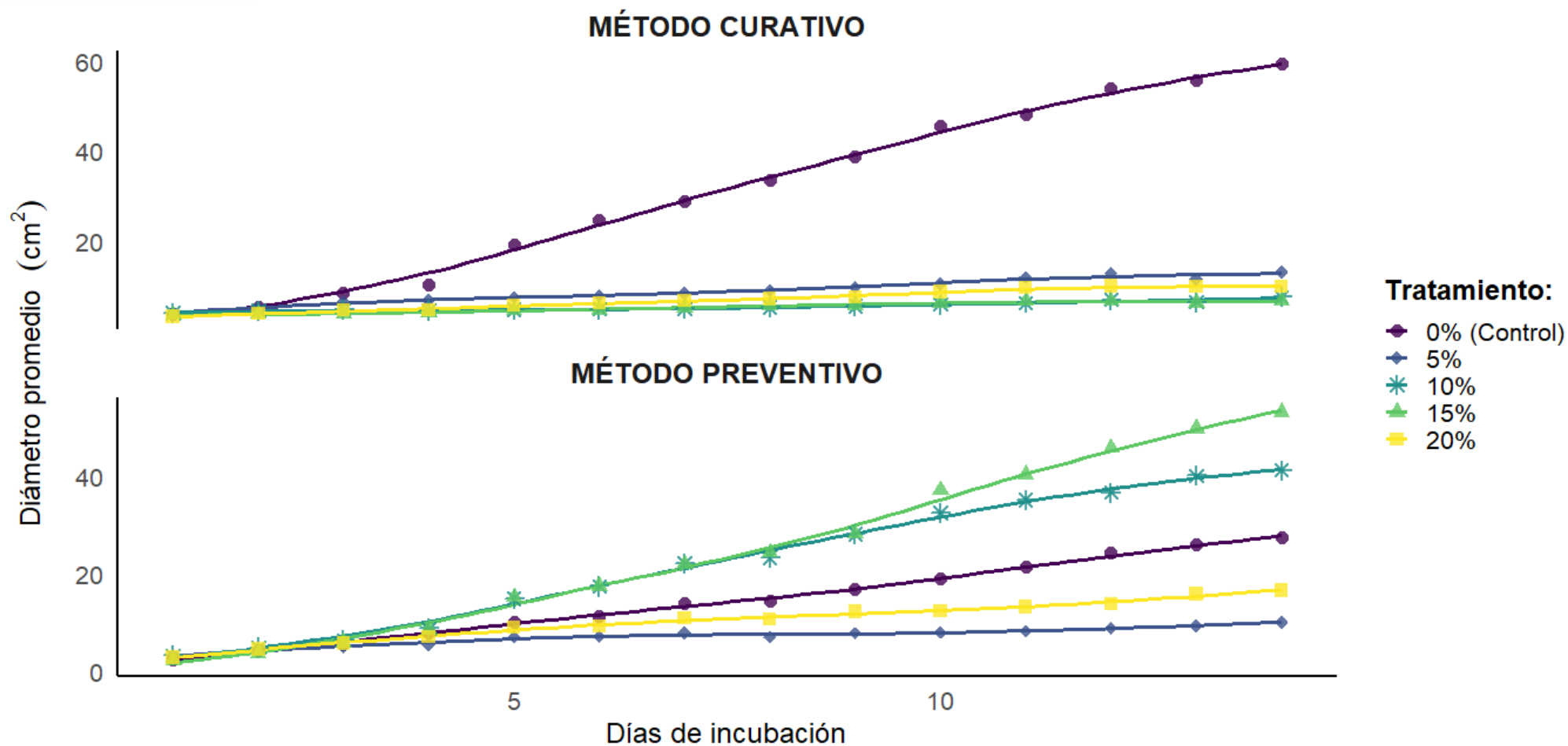


Figura 4. Evolución del promedio de crecimiento micelial in vitro de *B. cinerea* durante el periodo experimental.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Al hacer uso de medianas en este análisis se puede observar que el extracto de nogal ejerció un efecto inhibitorio significativo sobre el crecimiento de *B. cinerea*, con diferencias notables entre los métodos preventivo y curativo.

Como se ve en la Figura 5 el tratamiento preventivo a una concentración del 15% mostró la mayor eficacia, presentando la menor mediana de diámetro del micelio y una baja variabilidad de datos, lo que sugiere una inhibición consistente y reproducible. Por otro lado, en el enfoque curativo, la concentración del 10% resultó ser la más efectiva, indicando que dosis intermedias pueden ser óptimas cuando el hongo ya está establecido. Estas diferencias con el análisis de medias resaltan la importancia de complementar ambos enfoques estadísticos, mientras las medias reflejan efectos globales, las medianas revelan tendencias centrales más sólidas.

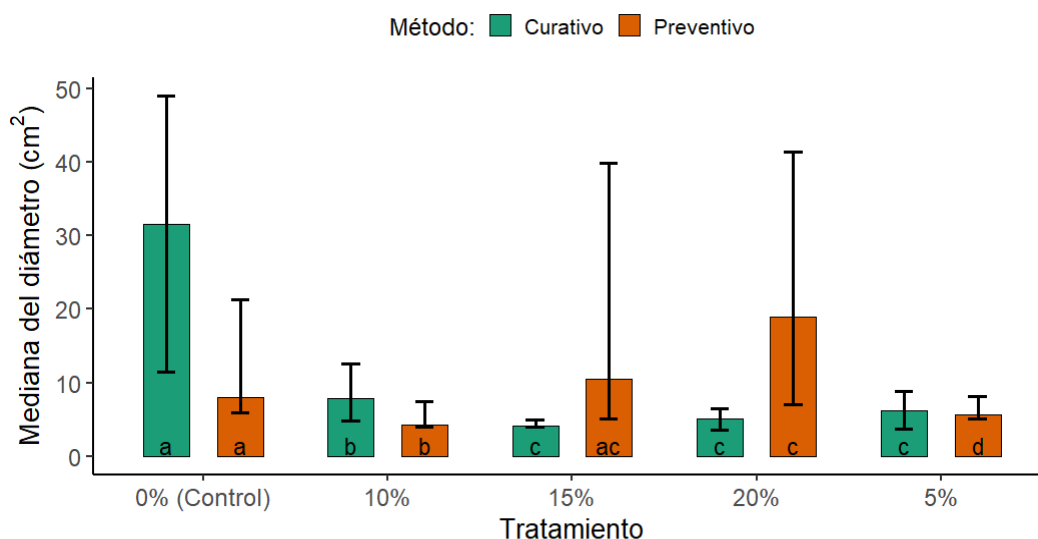


Figura 5. Efecto del extracto de nogal en el diámetro del micelio: Medianas del crecimiento bajo tratamientos preventivo (barras naranjas) y curativo (barras verdes). Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

5.2 Resultados de campo

Diámetro ecuatorial

Los análisis de normalidad mostrados en la Tabla 9, revelaron que los datos no siguen una distribución normal, al tener valores de p menores a 0,05. El Test de Levene evidenció homogeneidad en los dos casos al tener un valor de p mayor al 0,05. A pesar de cumplir con este supuesto no se puede usar un ANOVA directo por lo que, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis manifestada en la Tabla 10, la cual mostró que existen diferencias significativas en el diámetro ecuatorial entre tratamientos del método preventivo y curativo.

Tabla 9. Resumen normalidad y homogeneidad del diámetro ecuatorial.

Análisis	Agrupación	Estadístico (W)	Valor p	Interpretación
Normalidad (Shapiro-Wilk) Preventivo	0%	0,894	$7,51 \times 10^{-13}$	No normal
	5%	0,902	$2,26 \times 10^{-12}$	No normal
	10%	0,893	$9,00 \times 10^{-14}$	No normal
	15%	0,909	$2,09 \times 10^{-11}$	No normal
	20%	0,946	$1,55 \times 10^{-7}$	No normal
Homogeneidad de varianzas (Levene)		F=0,857	0,489	Varianzas homogéneas
Normalidad (Shapiro-Wilk) Curativo	0%	0,903	$2,01 \times 10^{-10}$	No normal
	5%	0,873	$1,08 \times 10^{-13}$	No normal
	10%	0,901	$6,87 \times 10^{-11}$	No normal
	15%	0,903	$4,70 \times 10^{-12}$	No normal
	20%	0,942	$2,72 \times 10^{-8}$	No normal
Homogeneidad de varianzas (Levene)		F=0,692	0,598	Varianzas homogéneas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 10. Resumen de prueba de Kruskal - Wallis del diámetro ecuatorial

Método	Estadístico (χ^2)	gl	Valor p	Interpretación
Preventivo	22,3	4	$1,71 \times 10^{-4}$	Diferencias significativas
Curativo	29,3	4	$6,73 \times 10^{-6}$	Diferencias significativas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

En la Tabla 11 y 12, se exhibió que las diferencias más significativas corresponden a la concentración del 20% en el método preventivo y el 10% en el curativo lo que sugiere un efecto positivo en el diámetro ecuatorial.

Tabla 11. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al diámetro ecuatorial.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	Valor p	p.adj	Significancia
Preventivo	0% - 5%	-1,60	$1,10 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	0% - 10%	-2,17	$3,03 \times 10^{-2}$	$3,03 \times 10^{-1}$	ns
Preventivo	0% -15%	-0,732	$4,64 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	0% -20%	-4,42	$9,69 \times 10^{-6}$	$9,69 \times 10^{-5}$	****
Preventivo	5% - 10%	-0,534	$5,93 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	5% - 15%	0,841	$4,00 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	5% - 20%	-2,90	$3,67 \times 10^{-3}$	$3,67 \times 10^{-2}$	*
Preventivo	10% - 15%	1,38	$1,67 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	10% - 20%	-2,45	$1,41 \times 10^{-2}$	$1,41 \times 10^{-1}$	ns
Preventivo	15% - 20%	-3,66	$2,50 \times 10^{-4}$	$2,50 \times 10^{-3}$	**

*Nota: Significancia **** ($p < 0.0001$) representa diferencias altamente significativas, ** ($p < 0.01$) diferencias significativas y * ($p < 0.05$) diferencias marginalmente significativas.*

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 12. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al diámetro ecuatorial.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	Valor p	p.adj	Significancia
Curativo	0% - 5%	-0,314	$7,54 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	0% - 10%	-3,58	$3,38 \times 10^{-4}$	$3,38 \times 10^{-3}$	**
Curativo	0% -15%	0,270	$7,87 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	0% -20%	1,39	$1,65 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	5% - 10%	-3,44	$5,72 \times 10^{-4}$	$5,72 \times 10^{-3}$	**
Curativo	5% - 15%	0,619	$5,36 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	5% - 20%	1,79	$7,35 \times 10^{-2}$	$7,35 \times 10^{-1}$	ns
Curativo	10% - 15%	4,07	$4,62 \times 10^{-5}$	$4,62 \times 10^{-4}$	***
Curativo	10% - 20%	5,14	$2,73 \times 10^{-7}$	$2,73 \times 10^{-6}$	****
Curativo	15% - 20%	1,19	$2,32 \times 10^{-1}$	1	ns

*Nota: Significancia **** ($p < 0.0001$) representa diferencias altamente significativas, *** ($p < 0.001$) diferencias muy significativas y ** ($p < 0.01$) diferencias significativas.*

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

En la Figura 6 se evidencia una tendencia ascendente del diámetro de los frutos, lo cual indica que el fruto se desarrolla progresivamente con el paso del tiempo a pesar de presentar la enfermedad. En el método preventivo, la concentración del 20% demuestra un menor crecimiento en el diámetro ecuatorial, incluido el de 10% que ostenta un desarrollo del fruto también menor; mientras que el tratamiento control (0%) y el 5% presentan valores mayores.

Con base a lo descrito, el tratamiento con 5% mantuvo un crecimiento cercano al control, lo que plantea que esta concentración no afecta significativamente el desarrollo del fruto, aunque tampoco muestra un efecto claramente beneficioso. Por otra parte, bajo el método curativo, el tratamiento al 20% promovió un crecimiento superior de esta variable en la mayoría de los días de evaluación, seguido del 15% que le supera al tratamiento control (0%) tanto al inicio como al final de la toma de datos, lo que sugiere un efecto positivo del extracto cuando se aplica después de la infección y con dosis moderadas.

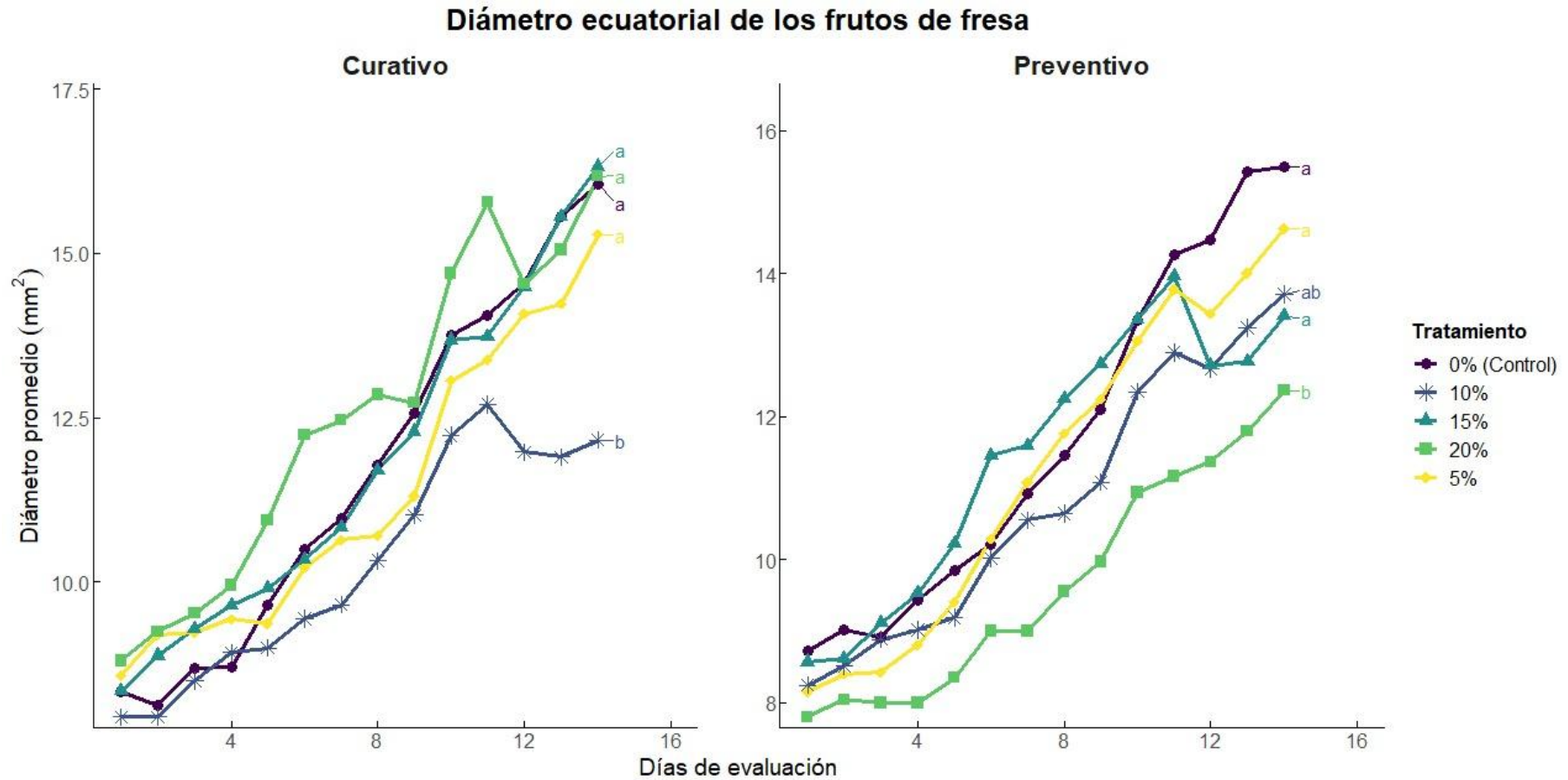


Figura 6. Evolución del diámetro ecuatorial promedio de los frutos durante el periodo de evaluación experimental. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones para cada tipo de tratamiento.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Diámetro polar

En cuanto, a la prueba de normalidad presentada en la Tabla 13, se destacó que los datos de la variable diámetro polar del método preventivo y curativo no son normales entre los tratamientos. Por otra parte, la prueba de Levene mostró homogeneidad en las varianzas para los dos métodos. Para las diferencias significativas se realizó un test de Kruskal-Wallis manifestada en la Tabla 14, la cual recalcó que existen diferencias significativas en el diámetro polar entre tratamientos del método preventivo y curativo.

Tabla 13. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del diámetro polar.

Análisis	Agrupación	Estadístico (W)	Valor p	Interpretación
Normalidad (Shapiro-Wilk) Preventivo	0%	0,937	$2,43 \times 10^{-9}$	No normal
	5%	0,936	$1,45 \times 10^{-9}$	No normal
	10%	0,912	$2,53 \times 10^{-12}$	No normal
	15%	0,929	$8,62 \times 10^{-10}$	No normal
	20%	0,926	$2,32 \times 10^{-9}$	No normal
Homogeneidad de varianzas (Levene)		F=1,61	0,169	Varianzas homogéneas
Normalidad (Shapiro-Wilk) Curativo	0%	0,937	$6,98 \times 10^{-8}$	No normal
	5%	0,920	$1,77 \times 10^{-10}$	No normal
	10%	0,872	$1,07 \times 10^{-12}$	No normal
	15%	0,927	$3,77 \times 10^{-10}$	No normal
	20%	0,961	$3,61 \times 10^{-6}$	No normal
Homogeneidad de varianzas (Levene)		F=1,31	0,265	Varianzas homogéneas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 14. Resumen de prueba de Kruskal - Wallis del diámetro polar.

Método	Estadístico (χ^2)	gl	Valor p	Interpretación
Preventivo	26,9	4	$2,13 \times 10^{-5}$	Diferencias significativas
Curativo	32,3	4	$1,64 \times 10^{-6}$	Diferencias significativas

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

El post hoc de Dunn expresado en Tabla 15 y 16 mostró que la concentración del 20% posee diferencias significativas comparado con las concentraciones del 0%, 5% y 15%, lo cual propone que, en el método preventivo esta concentración es más efectiva al evitar una influencia directa sobre el diámetro polar. Las comparaciones con significancia en el método curativo son destinadas, a la concentración del 10% del extracto, al mostrar una mayor cantidad de diferencias con las demás concentraciones. Lo que sugiere, que el tratamiento del 10% no tiene una influencia negativa en el crecimiento del diámetro polar del fruto.

Tabla 15. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método preventivo en cuanto al diámetro polar.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	Valor p	p.adj	Significancia
Preventivo	0% - 5%	-1,05	$2,95 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	0% - 10%	-2,91	$3,62 \times 10^{-3}$	$3,62 \times 10^{-2}$	*
Preventivo	0% -15%	-0,113	$9,10 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	0% -20%	-4,24	$2,22 \times 10^{-5}$	$2,22 \times 10^{-4}$	***
Preventivo	5% - 10%	-1,85	$6,50 \times 10^{-2}$	$6,50 \times 10^{-1}$	ns
Preventivo	5% - 15%	0,919	$3,58 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	5% - 20%	-3,25	$1,15 \times 10^{-3}$	$1,15 \times 10^{-2}$	*
Preventivo	10% - 15%	2,75	$5,97 \times 10^{-3}$	$5,97 \times 10^{-2}$	ns
Preventivo	10% - 20%	-1,56	$1,20 \times 10^{-1}$	1	ns
Preventivo	15% - 20%	-4,08	$4,58 \times 10^{-5}$	$4,58 \times 10^{-4}$	***

*Nota: Nivel de significancia de las comparaciones, donde *** ($p < 0.001$) representa diferencias muy significativas, y * ($p < 0.05$) diferencias marginalmente significativas y ($p < 0,05$) no son significativas.*

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Tabla 16. Resumen de Test post hoc de Dunn aplicado al método curativo en cuanto al del diámetro polar.

Método	Comparación	Estadístico (Z)	Valor p	p.adj	Significancia
Curativo	0% - 5%	-1,12	$2,62 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	0% - 10%	-3,89	$9,89 \times 10^{-5}$	$9,89 \times 10^{-4}$	***
Curativo	0% -15%	-0,572	$5,67 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	0% -20%	1,43	$1,52 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	5% - 10%	-2,95	$3,20 \times 10^{-3}$	$3,20 \times 10^{-2}$	*
Curativo	5% - 15%	0,593	$5,53 \times 10^{-1}$	1	ns
Curativo	5% - 20%	2,68	$7,36 \times 10^{-3}$	$7,36 \times 10^{-2}$	ns
Curativo	10% - 15%	3,55	$3,85 \times 10^{-4}$	$3,85 \times 10^{-3}$	**
Curativo	10% - 20%	5,14	$2,73 \times 10^{-7}$	$2,73 \times 10^{-6}$	****
Curativo	15% - 20%	1,19	$2,32 \times 10^{-1}$	1	ns

Nota: Nivel de significancia de las comparaciones donde, **** ($p < 0.0001$) indica diferencias altamente significativas, *** ($p < 0.001$) muy significativas, ** ($p < 0.01$) significativas, * ($p < 0.05$) marginalmente significativas, y $p \geq 0.05$ indica que no existen diferencias significativas.

En la Figura 7, se observa que en el método preventivo las concentraciones de 0%, 5% y 15% orientan un mayor crecimiento polar del fruto a lo largo del tiempo, mientras que una concentración del 20% presentó menores diámetros polares, manteniéndose constantemente por debajo del resto.

En el método curativo, el comportamiento fue distinto, ya que la concentración del 20% del extracto mostró un crecimiento superior en el diámetro polar del fruto superando al tratamiento control y a las demás concentraciones. Esta diferencia propone que al aplicar el extracto de nogal a altas concentraciones tras la infección podrían favorecer la recuperación del fruto o al menos limitar el efecto de por *Botrytis cinerea* sobre el tamaño del fruto frente a no aplicar ningún tratamiento.

En términos generales, la concentración del 20% del extracto mostró una tendencia opuesta según el método de aplicación, en el preventivo sugiere un posible efecto fitotóxico o inhibitor cuando se aplica antes de la presencia del patógeno y en el método curativo favoreció el desarrollo del fruto, indicando una mayor eficacia para reducir los efectos de *Botrytis cinerea* una vez instaurada la infección.

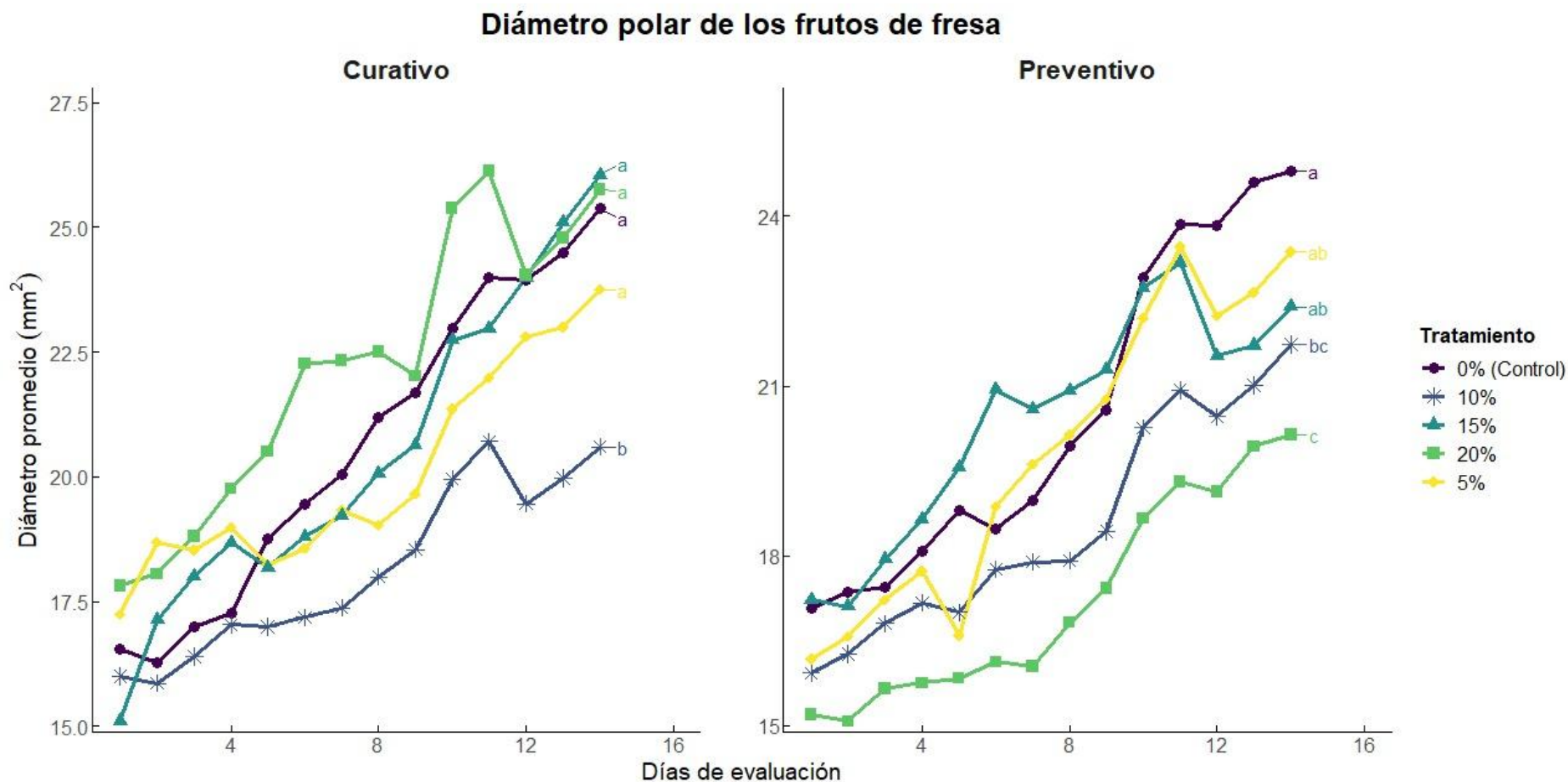


Figura 7. Evolución del diámetro ecuatorial promedio de los frutos durante el periodo de evaluación experimental. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones para cada tipo de tratamiento.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Peso de los frutos

En la Tabla 17 se observó que todos los tratamientos del método preventivo cumplen con el supuesto de normalidad ($p > 0,05$). En el caso del método curativo hay normalidad en los tratamientos a excepción del 5%, que presentó un p-valor de 0,0461, indicando desviación de la normalidad. Además, el tratamiento curativo al 20% no se evaluó debido a un tamaño de muestra insuficiente ($n < 3$). Por otro lado, la prueba de Levene Test confirma la homogeneidad de varianzas entre los grupos.

En este caso como solo un grupo no es normal se procedió a verificar la normalidad de los residuos del modelo completo, que mostró valores de ($W=0,993$, $p=0,996$) que es mayor a 0,05 e indica que los residuos del modelo son normales y se puede decir que existe normalidad en los datos. Al realizar el ANOVA, este evidenció que no existían diferencias significativas entre los tratamientos y no se realizaron pruebas post hoc.

Tabla 17. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del peso de los frutos (g) de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterrey.

Análisis	Agrupación	Estadístico (W)	Valor p	Resultado
Global	-	0,993	0,996	Normalidad
	0%	0,895	0,406	Normalidad
Normalidad (Shapiro-Wilk) Preventivo	5%	0,960	0,806	Normalidad
	10%	0,873	0,310	Normalidad
	15%	0,862	0,194	Normalidad
	20%	-	-	
Normalidad (Shapiro-Wilk) Curativo	0%	0,816	0,108	Normalidad
	5%	0,771	0,0561	No normal
	10%	0,993	0,844	Normalidad
	15%	0,928	0,584	Normalidad
	20%	0,934	0,623	Normalidad
Homogeneidad de varianzas (Levene Test)	-	F= 0,2719	0,9781	Homogeneidad

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

En la Figura 8 se muestra el peso promedio de frutos cosechados bajo distintas concentraciones del extracto de nogal, aplicadas como método preventivo o curativo contra *Botrytis cinerea*. Aunque no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos dentro de cada método, se evidencian tendencias con respecto a esta variable. En general, el método curativo presentó frutos con mayor peso promedio que el preventivo.

Las concentraciones del 5% y 20% en el curativo alcanzaron los valores más altos, con 14,4 g y 14,2 g respectivamente. En el método preventivo, la mayor media fue de 9,75 g con la concentración del 10%. Si bien, las diferencias no son significativas desde el punto de vista estadístico, estos resultados sugieren una posible mayor eficacia del extracto de nogal cuando se aplica de forma curativa, lo que estar asociado a un mejor desempeño en términos de peso del fruto durante el periodo de evaluación.

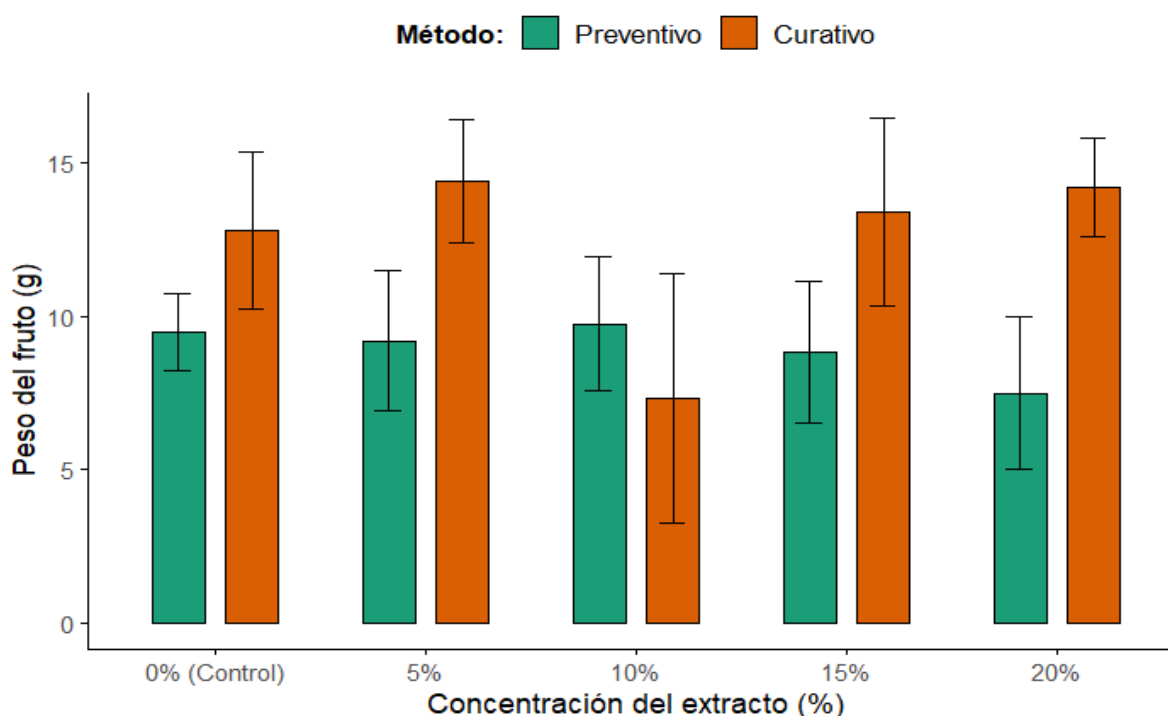


Figura 8. Peso promedio de frutos cosechados durante el periodo de evaluación. Las barras izquierdas representan el método preventivo y las derechas el curativo con sus respectivos tratamientos.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Grados Brix

Luego de comprobar la normalidad y homogeneidad como se ve en la Tabla 18, se procedió a realizar un ANOVA que indicó que la variabilidad entre tratamientos no fue significativamente mayor que la variabilidad residual ($F(4,39) = 0,903$, $p = 0,471$). Dado que este valor p excede el nivel de significancia convencional (0,05), no se rechaza la hipótesis

nula de igualdad de medias, lo que implica que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

En consecuencia, no procede realizar comparaciones post hoc de Tukey al no existir evidencia de efectos diferenciados entre los tratamientos en los grados Brix. Y cabe recalcar que una vez más el tratamiento curativo al 20% no se evaluó debido a un tamaño de muestra insuficiente ($n < 3$).

Tabla 18. Resumen de pruebas de normalidad y homogeneidad del peso de los frutos (g) de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterrey.

Análisis	Agrupación	Estadístico (W)	Valor p	Resultado
Normalidad (Shapiro-Wilk) Curativo	0%	0,852	0,201	Normalidad
	5%	0,963	0,826	Normalidad
	10%	0,964	0,637	Normalidad
	15%	0,858	0,222	Normalidad
	20%	0,999	1,000	Normalidad
Normalidad (Shapiro-Wilk) Preventivo	0%	0,993	0,972	Normalidad
	5%	0,883	0,325	Normalidad
	10%	0,945	0,683	Normalidad
	15%	0,957	0,794	Normalidad
	20%	-	-	-
Bartlett Test		Chi ² = 4,2935	0,3677	Homogeneidad

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Al analizar la Figura 9 a pesar de no existir diferencias estadísticas significativas, se puede observar que generalmente los frutos que presentan valores promedio mayores en cuanto a grados brix pertenecen al método curativo.

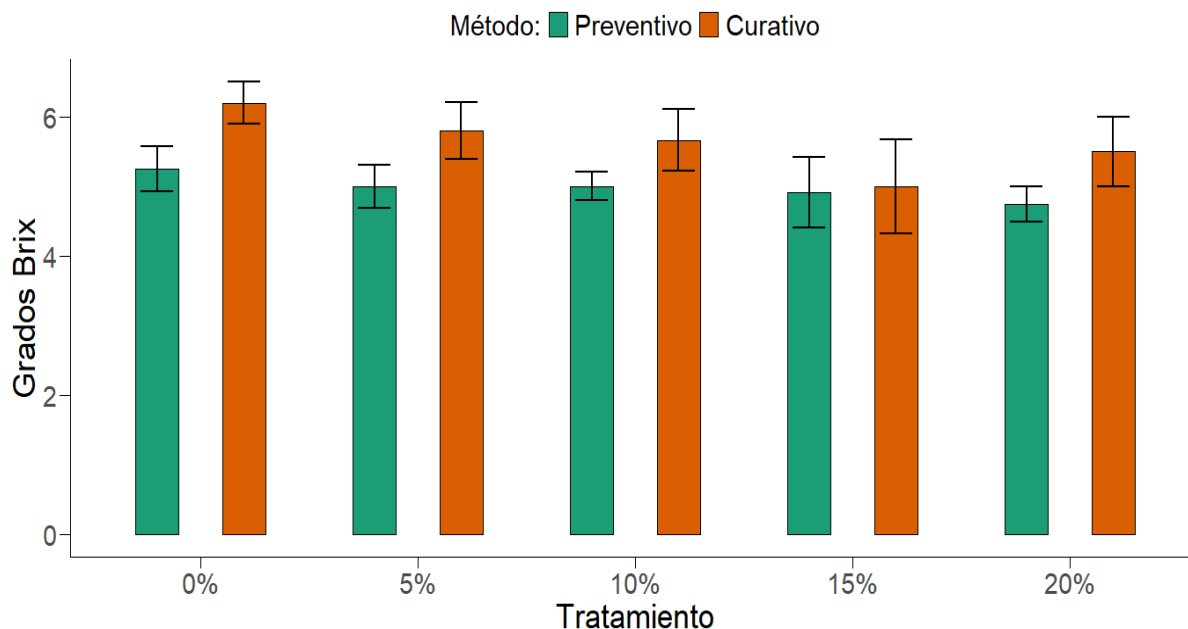


Figura 9. Promedio de grados Brix por tratamiento y método. Las barras izquierdas representan el método preventivo y barras derechas el curativo.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Incidencia

Como se ve en la Tabla 19 el análisis visual de la incidencia de *Botrytis cinerea* a lo largo de las tres evaluaciones reveló un incremento progresivo de la enfermedad en la mayoría de los tratamientos, tanto preventivos como curativos, lo que sugiere que el efecto del extracto de nogal no se mantuvo constante en el tiempo. El tratamiento preventivo al 10% fue el más efectivo en las dos primeras evaluaciones, mostrando la menor incidencia 25%, aunque en la tercera evaluación aumentó al 58%.

Tabla 19. Promedio de porcentaje de incidencia de *B. cinerea* en cada toma de datos por método y tratamiento.

Método	Tratamiento	Incidencia (%)		
		1	2	3
Preventivo	0%	33	75	75
	5%	42	58	58
	10%	25	25	58
	15%	42	58	75
	20%	33	50	75
Curativo	0%	25	42	75
	5%	42	58	83
	10%	42	67	75
	15%	0	67	67
	20%	58	75	75

Nota: Los números 1, 2 y 3 se refieren a la semana de evaluación.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

En la Figura 10 se observa que destacó el método curativo, específicamente la concentración del 20%, que en la primera evaluación logró un control total con 0% de incidencia, aunque posteriormente se elevó al 67%, lo que evidencia una posible eficacia inicial que no se sostuvo. Por otro lado, los tratamientos a bajas concentraciones, como curativo al 5%, fueron ineficaces, alcanzando hasta un 83% de incidencia en la última evaluación. El control, mostró una rápida progresión de la enfermedad, reforzando la agresividad del patógeno en ausencia de intervención.

Estos resultados sugieren que el extracto de nogal puede tener un efecto positivo temporal sobre la incidencia de la enfermedad, especialmente en concentraciones intermedias, aunque su eficacia podría disminuir con el tiempo, requiriendo posibles reaplicaciones o su integración con otras estrategias de manejo.

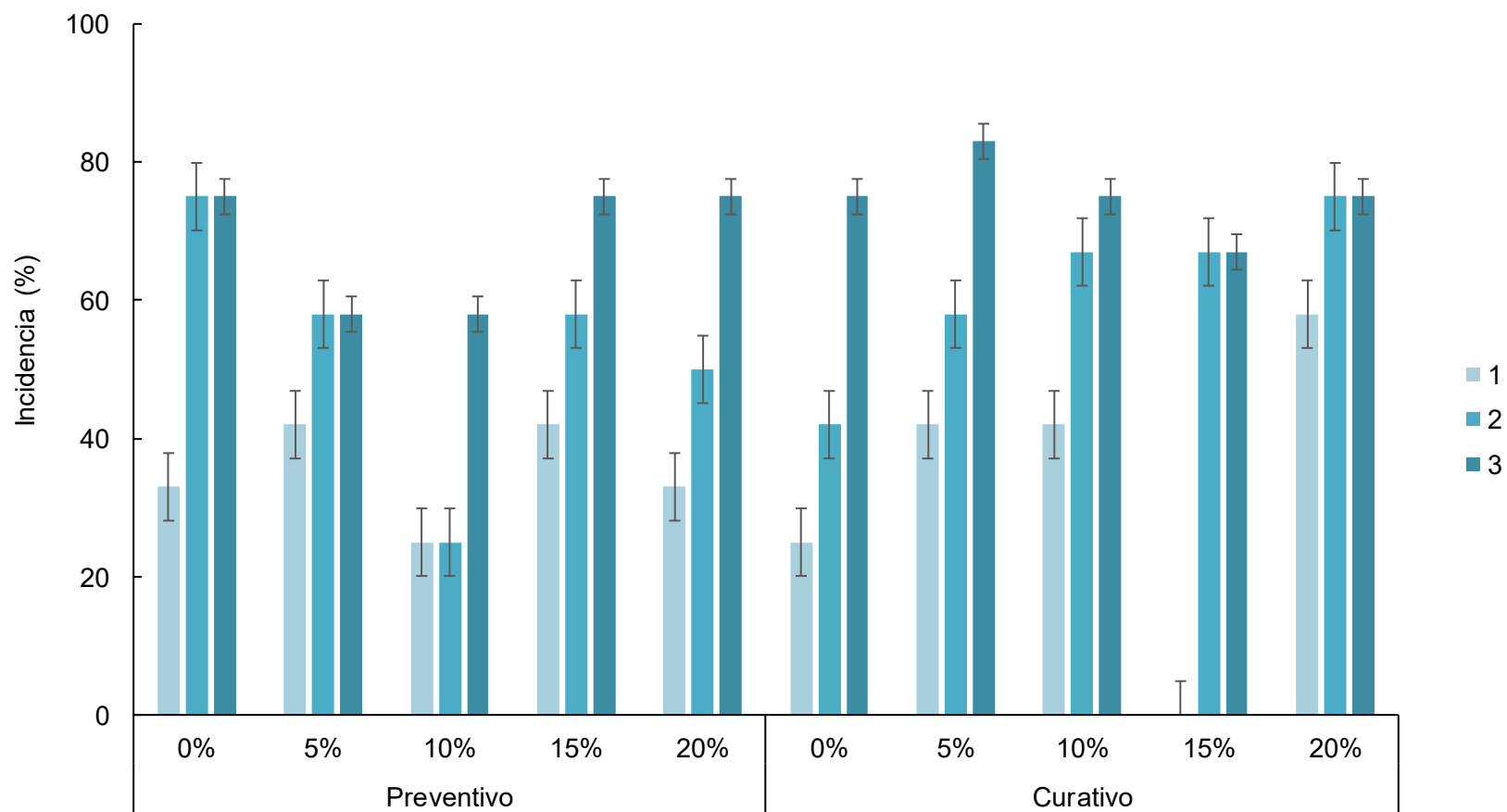


Figura 10. Evolución de incidencia en cada toma de datos. Los números 1, 2 y 3 indican la semana de evaluación.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Severidad

Así también la severidad de la Tabla 20 se analizó mediante un promedio semanal, los valores más bajos corresponden al método preventivo con una concentración del 10% de extracto de nogal, observando promedios de 0,17, 0,17 y 0,25 en cada toma, esto evidencia una alta eficacia del extracto cuando se aplica antes de la aparición de los síntomas. En contraste, el tratamiento con un 20% de extracto registró la mayor severidad en la tercera evaluación con un promedio de 2,63, lo cual podría deberse a una menor efectividad a largo plazo o a un efecto fitotóxico acumulado.

En el tratamiento curativo, los valores fueron más variables. Si bien un 15% de extracto mostró la menor severidad en la primera evaluación con un promedio de 0,08, contrasta con el 10% que alcanzó valores más altos en la tercera evaluación de 1,40, lo que sugiere que la aplicación curativa del extracto puede ser menos consistente en su efectividad conforme progresa la infección.

Tabla 20. Promedio de severidad según la escala de 0 a 5, en cada toma de datos por método y tratamiento.

Método	Tratamiento	Severidad (0 - 5)		
		1	2	3
Preventivo	0%	0,33	1,17	1,67
	5%	0,08	0,25	0,67
	10%	0,17	0,17	0,25
	15%	0,17	0,58	1,30
	20%	1,10	0,90	2,63
Curativo	0%	0,17	0,42	1,83
	5%	0,25	0,42	1,00
	10%	0,67	1,40	1,40
	15%	0,08	0,75	1,60
	20%	0,25	0,75	1,75

Nota: Los números 1, 2 y 3 se refieren a la semana de evaluación.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

En la Figura 11 los tratamientos preventivos, en especial 5% y 10%, mantuvieron niveles de severidad considerablemente bajos durante todo el período de evaluación. Esto indica que el extracto de nogal tiene mayor eficacia cuando se aplica de forma preventiva, reduciendo la severidad del patógeno antes del establecimiento de la infección.

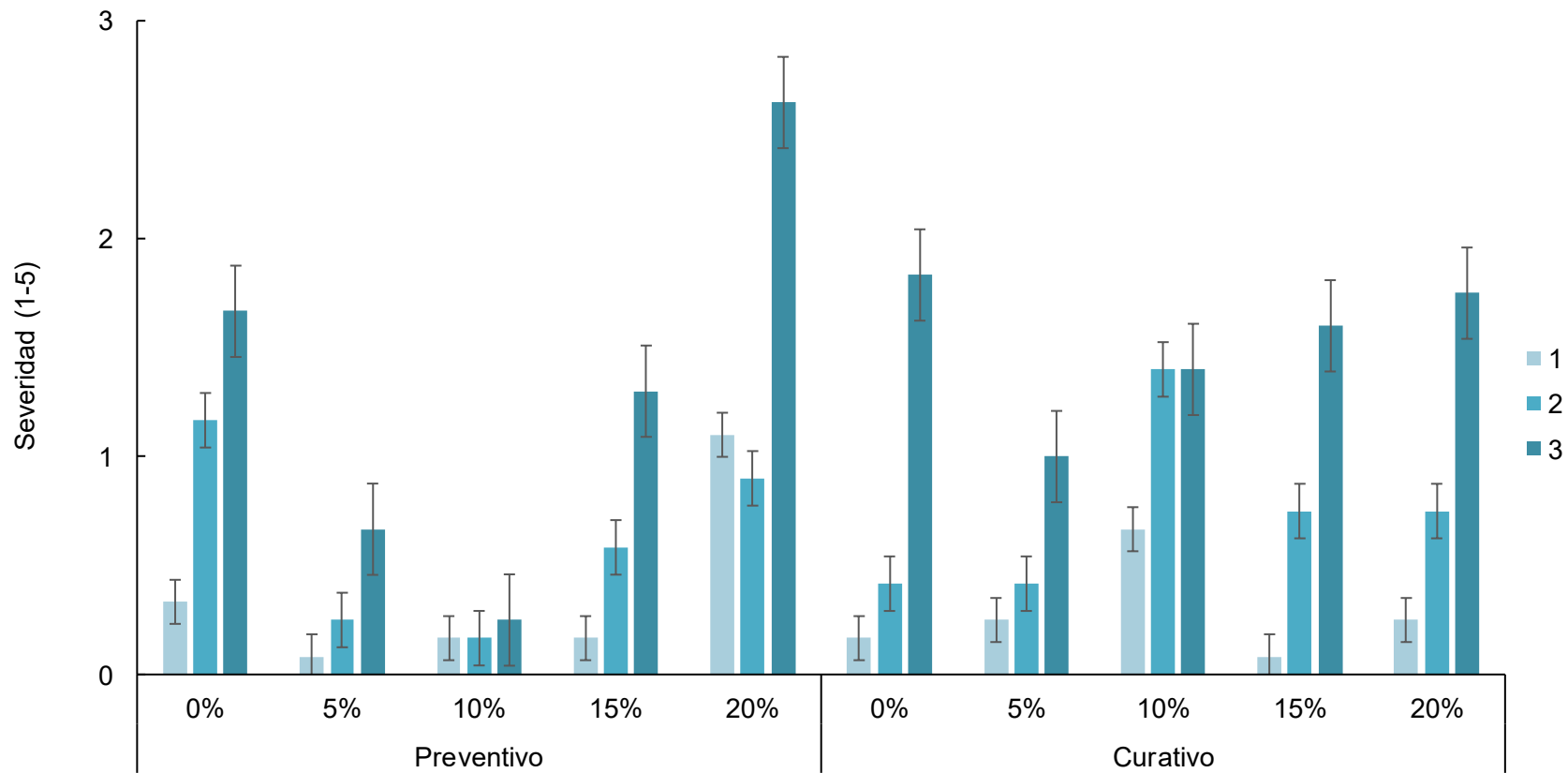


Figura 11. Evolución de la severidad por en cada toma de datos. Los números 1, 2 y 3 indican la semana de evaluación.

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

Producción y rendimiento

En la Tabla 21, se obtuvo que la producción y rendimiento del método preventivo mejoran cuando se aplican concentraciones intermedias de 10% a 15%, pues a una mayor concentración del extracto el rendimiento del cultivo disminuye. En el caso del método curativo el tratamiento al 5% permitió un rendimiento superior a las demás concentraciones con alrededor de 514,815 kg/ha. Por lo que, se estima que las aplicaciones de extracto de nogal influyen en la productividad y sanidad del cultivo; y la efectividad podría depender del momento de aplicación y la concentración utilizada. Sin embargo, estos resultados no necesariamente sugieren que el rendimiento puede estar asociado a una mayor concentración.

Tabla 21. Producción y rendimiento del cultivo de fresa.

Método	Tratamiento	No. Frutos	Producción promedio por planta (Kg)	Producción total (Kg)	Rendimiento (kg/ha)
Preventivo	0%	6	0,005	0,055	187,075
	5%	7	0,006	0,069	234,694
	10%	9	0,008	0,091	309,524
	15%	13	0,010	0,116	394,558
	20%	5	0,004	0,044	149,660
Curativo	0%	7	0,006	0,076	281,481
	5%	9	0,012	0,139	514,815
	10%	5	0,004	0,04901	181,519
	15%	10	0,010	0,114	422,222
	20%	8	0,009	0,113	418,519

Elaborado por: Bautista & Suárez (2025).

VI. Discusión

6.1 Discusión para resultados obtenidos a nivel de laboratorio

Estudios previos que han evaluado la eficacia de tratamientos antifúngicos aplicados en diferentes momentos del ciclo de infección como Leyva *et al.* (2008) demostraron que el ácido hexanoico aplicado de manera preventiva en tomates proporcionó una protección efectiva contra *B. cinerea*, mientras que su aplicación post-infección o curativa mostró una eficacia

reducida. De manera similar, Fernández-Ortuño *et al.* (2007) encontraron que la actividad curativa de nuevos fungicidas contra *B. cinerea* era limitada en comparación con su aplicación preventiva.

En relación con la eficacia del extracto de nogal, investigaciones han demostrado su potencial antifúngico. Naqvi *et al.* (2023) evaluaron la actividad antifúngica de nanopartículas de plata mediadas por extracto de *J. regia* contra *Aspergillus ochraceus*, observando una inhibición significativa del crecimiento fúngico. Asimismo, Sytykiewicz *et al.* (2014) reportaron que extractos metanólicos y etil-acetato de hojas de *J. regia* mostraron actividad antifúngica contra cepas de *Candida albicans*. Estos hallazgos respaldan la eficacia observada en el presente estudio, donde una concentración del 15% del extracto de nogal fue la más efectiva en el método preventivo, reduciendo significativamente el crecimiento micelial de *B. cinerea*.

6.2 Discusión para resultados obtenidos a nivel de campo

Diámetro ecuatorial y polar

Menzel (2021) señala que las variaciones en las dimensiones del fruto, tanto en largo como en ancho, pueden estar influenciadas por el tamaño de la flor y por factores ambientales, especialmente la temperatura. Investigaciones previas han demostrado que en regiones con climas más frescos o fríos se obtienen frutos de mayor tamaño, tanto en diámetro ecuatorial como polar (Josuttis, 2015). En este caso, las temperaturas dentro del invernadero oscilaron entre una mínima de 9,3 °C y una máxima de 55,8 °C, condiciones que probablemente influyeron en el tamaño y las dimensiones de los frutos obtenidos.

En cuanto al efecto del extracto de nogal, actualmente existe escasa información científica que relacione su aplicación con el desarrollo del fruto en fresa. Sin embargo, algunos estudios han reportado efectos alelopáticos asociados a sus compuestos bioactivos como la juglona. Topal y Öztürk (2015) demostraron que la aplicación de juglona tuvo efectos negativos sobre el crecimiento de frutos y en fresa Camarosa y Sweet Charlie. En contraste, en el presente estudio no se observaron efectos adversos notorios, lo que podría ser debido a diferencias en las variedades utilizadas, en este caso la variedad Monterrey y la especie de nogal que en este caso fue *Juglans neotropica*. Además, de la concentración del extracto y el método o momento de aplicación. Esto sugiere que, aunque el nogal posee potencial alelopático, su efecto va a depender de diferentes factores agronómicos y fisiológicos.

Por otra parte, el tratamiento curativo con extracto de nogal promovió un mayor desarrollo en ambas dimensiones del fruto, en comparación con el método preventivo. Este resultado podría explicarse por el hecho de que, al reducirse la incidencia de *Botrytis cinerea*, la planta

redirige parte de sus recursos fisiológicos del combate al estrés patógeno hacia el desarrollo estructural del fruto. Este mismo efecto ha sido reportado por Meza (2020), quien observó que la aplicación de extracto de flor de muerto en el cultivo de pimiento no solo redujo la presencia de mosca blanca, sino que además resultó en frutos con un mayor tamaño promedio, sugiriendo así que los tratamientos minimizan la presión o estrés sobre las plantas, y estas pueden mostrar un crecimiento más uniforme y vigoroso a nivel del fruto, debido al menor gasto energético en mecanismos de defensa.

Peso de frutos

Rodríguez et al. (2025), reportaron en su estudio con tomate, que el tratamiento curativo con extractos vegetales no solo redujo los síntomas de *Botrytis cinerea*, sino que también favoreció el desarrollo de plántulas, indicando un posible efecto bioestimulante posterior a la infección, lo cual coincide con la tendencia observada en este estudio, debido a que los resultados del peso de los frutos de fresa fueron mayor al aplicar mayores concentraciones del extracto de forma curativa. Por otro lado, la concentración del 5% y 20% del extracto de nogal como método curativo, promovieron pesos promedio mayor (14,4 g y 14,2 g) al peso de los estándares mínimos de frutos de fresa no comercializable que abarcan desde los 4 a 12 g reportados por Menzel (2021).

En este caso el extracto de nogal tuvo efectos distintos según cómo se aplicó. De forma curativa, ayudó a aumentar el peso del fruto, y en aplicaciones preventivas, especialmente a concentraciones elevadas, tuvo un efecto negativo.

Primero el efecto positivo puede explicarse debido a la relación tamaño – peso de los frutos como lo estudiado por López-Valencia et al. (2018) donde analizaron siete variedades de fresa cultivadas en Colombia, y encontraron que los estados de madurez 2, 3 y 4 presentaron los mayores diámetros y pesos frescos, es decir que existe una relación positiva entre estas variables.

Algo similar se observó en el trabajo de Torres et al. (2015), quienes usaron extractos naturales como *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare* y *Cinnamomum zeylanicum* para controlar *Penicillium expansum* en manzana. Explican que compuestos activos como el timol y el carvacrol pueden afectar la estructura celular del hongo, pero, por otra parte, también advierten que, en ciertas dosis, estos extractos pueden generar efectos adversos en la calidad de los frutos y alteraciones en el peso, posiblemente asociadas a reacciones de estrés o daño celular provocado por los compuestos bioactivos.

Esto podría explicar por qué, en este estudio, las aplicaciones preventivas a altas concentraciones no fueron beneficiosas y llegaron a afectar negativamente el desarrollo del fruto. Esto llega a coincidir con Topal y Öztürk (2015) que reportaron que la aplicación de juglona tuvo efectos negativos sobre el desarrollo de frutos y en fresa Camarosa y Sweet Charlie, reiterando así que el nogal posee potencial alelopático, pero su efecto va a depender de diversos factores.

Producción y Rendimiento

En este estudio, el mayor rendimiento se alcanzó con el tratamiento curativo al 5% de extracto de nogal, con un total de 514,81 kg/ha, mientras que el tratamiento preventivo al 15% obtuvo 394,56 kg/ha. Aunque estas cifras son inferiores a los 6664,05 kg/ha reportados por Pazmiño (2018) a los 40 días, evidencian que la producción mejora cuando se reduce la afectación por *Botrytis cinerea*. A su vez, Negi et al. (2021) con base a su estudio señala, que un mayor número de hojas contribuye significativamente al rendimiento, ya que una mayor área foliar favorece la fotosíntesis y, en consecuencia, el desarrollo y llenado de los frutos.

Cocco et al. (2011) señalaron que un mayor número de coronas durante la temporada de producción se asocia con una mayor cantidad de frutos, dado que los tallos florales se originan precisamente en estas estructuras. Por lo tanto, un incremento en el número de coronas puede ser un indicador directo de un mayor rendimiento en la producción de frutos de fresa.

Grados Brix

La juglona, que es el principal compuesto alelopático del nogal, ha sido ampliamente reportada como inhibidor de procesos fisiológicos como la germinación y el crecimiento radicular en diversas especies vegetales, así reportan autores como Hejl & Koster (2004) y Rietveld (1983). Sin embargo, su efecto sobre parámetros de calidad de fruto, como el contenido de azúcares, ha sido menos documentado.

A su vez, podría esperarse que la infección afectara el metabolismo de los frutos, particularmente en el contenido de azúcares, sin embargo, no hubo diferencias significativas. Esto puede explicarse con lo reportado por Copes y Hendrix (2004), quienes observaron que, en etapas tempranas de la infección, *Botrytis cinerea* afecta principalmente procesos como la fotosíntesis y la transpiración, sin modificar de forma inmediata la composición de azúcares en los tejidos vegetales. De manera similar, Petrasch et al. (2019) explican que al tratar con un patógeno necrotrófico, este inicialmente coloniza los tejidos de manera superficial antes

de provocar cambios fisiológicos más profundos, justificando así la estabilidad presentada de los niveles de sólidos solubles en las fresas que evaluadas en este estudio.

Incidencia y Severidad

La comparación entre métodos y concentraciones resalta que el enfoque preventivo, especialmente con concentraciones entre el 10% y 15%, ofrece mejores resultados tanto en incidencia como en severidad, en comparación con los tratamientos curativos.

En términos de incidencia, el tratamiento preventivo con una concentración del 10% resultó ser el más eficaz durante las dos primeras evaluaciones, alcanzando solo un 25% de incidencia, aunque esta se elevó al 58% en la tercera evaluación en un lapso de siete días, sugiriendo un efecto antifúngico inicial potente, que disminuye con el tiempo, esto es consistente con Wianowska et al. (2016), que destacaron a la actividad antifúngica como dependiente de la variedad del nogal con la que se trabaje y del perfil fenólico del extracto, lo que puede explicar la pérdida de eficacia con el tiempo, probablemente debido a la degradación de los compuestos activos del extracto y la posible necesidad de reaplicación para mantener la efectividad.

En el caso de la severidad, también fue el tratamiento preventivo al 10% el que mostró los promedios más bajos a lo largo de las tres evaluaciones (0,17, 0,17 y 0,25) en una escala de 0 a 5, lo cual indica que el extracto de nogal no solo retrasó el inicio de la enfermedad, sino que también limitó su progreso, correspondiendo este resultado con lo realizado por Kotan et al. (2022) quienes demostraron que el uso preventivo de ciertos compuestos, en su caso aceites esenciales, puede reducir significativamente la severidad del moho gris durante el almacenamiento postcosecha lo que destaca la importancia del momento de aplicación en la eficacia del biocontrol.

En contraste, el tratamiento curativo del 20%, logró un efecto inicial significativo, con 0% de incidencia en la primera evaluación realizada 4 días después de la aplicación de los tratamientos, pero luego aumentó hasta un 67%, lo que demuestra que el extracto tiene un efecto limitado, esto fue comprobado por Suzuki et al. (2011) que evaluaron la eficacia de 15 fungicidas en el control de *B. cinerea* en plántulas de pepino y los tratamientos curativos, aplicados 24 horas después de la inoculación, solo fueron efectivos en algunos casos, y ninguno mostró eficacia cuando se aplicaron 48 horas después de la inoculación, esto indica que una vez que la infección está establecida, el control del patógeno es mucho más difícil.

De igual forma en severidad, se observaron valores más variables y en algunos casos elevados, lo que podría sugerir una pérdida de efectividad o incluso un posible efecto

fitotóxico por el uso repetido o altas concentraciones que fue advertido por Wianowska et al. (2016), quienes señalaron que, si bien la juglona posee propiedades antifúngicas, también puede causar estrés oxidativo en tejidos vegetales.

VII. Conclusiones

En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que el extracto de nogal posee propiedades antifúngicas efectivas contra *Botrytis cinerea*. En el laboratorio, el extracto de nogal demostró eficacia en ambos métodos de aplicación, destacando el tratamiento preventivo al 15% y el curativo al 10% como los más efectivos para inhibir el crecimiento micelial de *Botrytis cinerea*. En condiciones de campo, el método curativo con concentraciones del 15% y 20% favoreció significativamente la calidad y desarrollo de los frutos, lo que resalta su potencial para recuperar plantas ya infectadas. No obstante, para el control de la enfermedad, el tratamiento preventivo al 10% resultó ser el más constante y efectivo en reducir la incidencia y severidad a lo largo del tiempo. En conjunto, para *Botrytis cinerea* el tratamiento preventivo al 10% se destaca como el más equilibrado, al ofrecer una buena protección fitosanitaria sin comprometer las características del fruto, mientras que el curativo al 20% se presenta como una opción ideal para restaurar el crecimiento posterior a la infección. Por tanto, ambos enfoques pueden ser complementarios, dependiendo del estado del cultivo y del momento de aplicación.

VIII. Recomendaciones

Se recomienda el uso del extracto de nogal como una alternativa viable dentro del manejo integrado de *Botrytis cinerea*, especialmente cuando se aplica de manera preventiva en las etapas tempranas del cultivo. Es fundamental realizar ensayos adicionales en condiciones de campo para validar su aplicabilidad práctica y evaluar posibles efectos fitotóxicos. Además, ajustar la frecuencia de aplicación podría ser clave para mantener su efectividad a lo largo del ciclo productivo.

IX. Referencias

- Agrios, G. (1997). Control de enfermedades vegetales.
- Aguirre, V., Delgado, V., Anrango, M. J., & Díaz, N. (2012). *Obtención y evaluación in vitro de la eficiencia de extractos con principios activos de eucalipto (Eucalyptus globulus), ajo (Allium sativum) y crisantemo (Chrysanthemum cinerariaefolium) como fungicidas naturales para el control de Botrytis cinerea, Phragmidium mucronatum y Sphaerotheca pannosa presentes en el cultivo de rosas orgánicas*. Escuela de Investigaciones Científicas, ESPE. <https://redi.cedia.edu.ec/document/370989>
- Alvarado, P. (2013). *Estudio investigativo de la frutilla y su aplicación en la gastronomía* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/11759>
- Benito, E., Arranz, M., & Eslava, A. (2002). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, 43–46. <https://www.reviberoammicol.com/2000-17/S43S46.pdf>
- Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 5–16. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825001.pdf>
- Capelo, G., & Roche, J. (2016). *Evaluación de 10 fungicidas en el control de Botrytis cinerea Pers.: Fr. en el cultivo de fresa (Fragaria virginiana var. Diamante) a nivel de laboratorio* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3035/1/tag281.pdf>
- Cocco, C., Andriolo, J. L., Lima-Cardoso, L., Erpen, L., & Schmitt, O. J. (2011). Crown size and transplant type on the strawberry yield. *Scientia Agrícola*, 68(4), 489-493. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000400015>
- Chaves, N., & Wang, A. (2004). Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 73–85.
- Chimborazo, A. (2014). *Análisis de la producción de fresa y su relación con el nivel de ingresos de los productores de la parroquia Ambatillo del cantón Ambato del primer semestre 2013* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/20867/1/T2794i.pdf>
- Cusquillo Calapiña, L. A. (2014). *Diseño de un proceso para la obtención de compuestos fenólicos del pericarpio de la semilla del nogal (Juglans neotropica Diels) y extracción del aceite de la nuez* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Salesiana]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8645/3/CD-5815.pdf>
- Dhital, R.; Mora, N.B.; Watson, D.G.; Kohli, P.; Choudhary, R. (2018). Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries. *LWT - Food Science and Technology*, 97, 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.038>

- Echenique-Martínez, A. A., Ramos-Parra, P. A., Rodríguez-Sánchez, D. G., Troncoso-Rojas, R., Islas-Rubio, A. R., Montoya-Ballesteros, L. C., & Hernández-Brenes, C. (2023). *Botrytis cinerea* induced phytonutrient degradation of strawberry puree: Effects of combined preservation approaches with high hydrostatic pressure and synthetic or natural antifungal additives. *CyTA – Journal of Food*, 21(1), 451–463. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2222812>
- Espinosa, M. (2006). *Estudio de la variabilidad genética y organización cromosómica en el hongo fitopatógeno Botrytis cinerea* [Tesis de doctorado, Universidad de Cádiz]. <http://minerva.uca.es/publicaciones/asp/docs/tesis/MCarbuEspinosa.pdf>
- Fernández-A., L. B. (2017). *Inducción de resistencia a moho gris (Botrytis sp.) en fresa (Fragaria sp.) con una mezcla de brasinoesteroides + triacontanol + glucósidos + vitaminas B* [Tesis de maestría, Universidad de Guanajuato]. Repositorio Institucional UG. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/374>
- Fernández-Agulló, A., Castro-Iglesias, Á., Freire, M. S., & González-Álvarez, J. (2019). Optimization of the extraction of bioactive compounds from walnut (*Juglans major* × *Juglans regia*) leaves: Antioxidant capacity and phenolic profile. *Antioxidants*, 9(1), 18. <https://doi.org/10.3390/antiox9010018>
- Fernández-Ortuño, D., Chamorro, M., Lozano-Tovar, M. D., & Schnabel, G. (2007). Pre- and post-infection activity of new fungicides against *Botrytis cinerea*. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 215–224. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-16202007000300005&script=sci_arttext
- Hejl, A. M., & Koster, K. L. (2004). Juglone disrupts root plasma membrane H⁺-ATPase activity and impairs water uptake, root respiration, and growth in soybean (*Glycine max*) and corn (*Zea mays*). *Journal of Chemical Ecology*, 30(2), 453–471. https://www.academia.edu/12656677/Juglone_Disrupts_Root_Plasma_Membrane_H_ATPase_Activity_and_Impairs_Water_Uptake_Root_Respiration_and_Growth_in_Soybean_Glycine_max_and_Corn_Zea_mays
- Hernández Lauzardo, A. N., Bautista Baños, S., & Velázquez del Valle, M. G. (2007). Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 119-123. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030202.pdf>
- Husein, A. I., Al-Nuri, M. A., Zatar, N. A., Jondi, W., Ali-Shtayeh, M. S., & Warad, I. (2012). Isolation and antifungal evaluation of *Juglans regia* L. extracts. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 13(2), 655–660.
- Jouquand, C., Chandler, C., Plotto, A. y Goodner, K. (2008). A Sensory and Chemical Analysis of Fresh Strawberries Over Harvest Dates and Seasons Reveals Factors That Affect Eating Quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133 (6), 859-867. <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.6.859>
- Josuttis, M., Dietrich, H., Patz, C., & Krüger, E. (2015). Effects of air and soil temperatures on the chemical composition of fruit and agronomic performance in strawberry

- (*Fragaria ananassa* Duch.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86(4), 415 - 421. <https://doi.org/10.1080/14620316.1998.11511049>
- Koike, E., & Bolda, M. (2016). *El moho gris, o pudrición de la fresa* (Informe No. 13). Comisión de la Fresa de California. <https://ucanr.edu/blogs/fresamora/blogfiles/37849.pdf>
- Kotan, R., Kordali, S., & Cakir, A. (2022). Control of postharvest gray mold at strawberry fruits caused by *Botrytis cinerea* and improving fruit storability through *Origanum onites* L. and *Ziziphora clinopodioides* L. volatile essential oils. *Agronomy*, 12(2), 389. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020389>
- Leyva, M. de la O., Vicedo, B., Finiti, I., García-Agustín, P., & Real, M. D. (2008). Preventive and post-infection control of *Botrytis cinerea* in tomato plants by hexanoic acid. *Plant Pathology*, 57(6), 1104–1111. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01891.x>
- Llanos Melos, A. K. (2017). *Control de Botrytis cinerea Pers. en fresa (Fragaria × ananassa Duch.) cv. aromas mediante fungicidas biológicos y químicos en Huaral* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3018/H20-L44-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Loeffler, J., Hebart, H., & Einsele, H. (1999). Contaminations occurring in fungal PCR assays. *FEMS Microbiology Letters*, 180(2), 249–253. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10074553/>
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 163–178. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:848
- Maldonado, C., & Encalada, E. (2008). *Efectos alelopáticos del tomate riñón (Lycopersicon esculentum Mill.) en condiciones del invernadero* [Trabajo de titulación, Universidad del Azuay]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/451/1/06657.pdf>
- Manotoa, M. (2023, abril). *Evaluación productiva y económica de los productores de Fragaria × ananassa (fresa) en el cantón Ambato, año 2021* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19331/1/20T01715.pdf>
- Masías, K. (2007). *Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (Juglans neotropica Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Matute Calle, P. F. (2019). *Control biológico del moho gris (Botrytis cinerea) en cultivos de fresa (Fragaria vesca L.) mediante hongos filamentosos antagonistas* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18147/1/UPS-CT008620.pdf>

- Menzel, C. M. (2020). A review of productivity in strawberries: marketable yield has a linear, but inconsistent relationship with total yield, and cannot be predicted from total yield. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(2), 135–144. <https://doi.org/10.1080/14620316.2020.1808086>
- Molisch, H. (1937). *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere: Allelopathie*. Gustav Fischer.
- Morales, M., & Armenteras, D. (2013). Estado de conservación de los bosques de niebla de los Andes Colombianos, un análisis multiescalar. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 17(1), 64-72.
- Naqvi, S. I. Z., Kausar, H., Afzal, A., Hashim, M., Mujahid, H., Javed, M., Hano, C., & Anjum, S. (2023). Antifungal activity of *Juglans regia*–mediated silver nanoparticles (AgNPs) against *Aspergillus ochraceus*–induced toxicity in vitro and in vivo settings. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(4), 221. <https://doi.org/10.3390/jfb14040221>
- Negi, Y. K., Sajwan P., Uniyal S., & Mishra, A. C. (2021). Enhancement in yield and nutritive qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. *Scientia Horticulturae*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110038>.
- Obodoni, B. O., & Ochuko, P. O. (2001). Phytochemical studies and comparative efficacy of the crude extracts of some haemostatic plants in Edo and Delta States of Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(3), 203–208.
- Olivera Soto, J. (2012). *Cultivo de fresas (Fragaria × ananassa Duch.)* (Ed. INIA Estación Experimental Agraria Donoso–Huaral). <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/752>
- Palchisaca, M. (2018). *Evaluación de soluciones nutritivas con cinco dosis de calcio en el cultivo de fresa (Fragaria × ananassa) cultivar Albión mediante fertirriego en la parroquia San Luis, cantón Riobamba* [Trabajo de titulación, ESPOCH]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8488/1/13T0860.pdf>
- Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects: A review. *Plant Protection Science*, 52(4), 229–241. <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>
- Pazmiño, P., Velástegui, G. P., Curay, S., Yáñez, W., & Vásquez, C. (2017). Efecto de los extractos hidro-etanólicos de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) y cola de caballo (*Equisetum arvense* L.) sobre la incidencia y severidad de *Botrytis cinerea* en fresa. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 29–38. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000100004

- Pazmiño-Miranda, N. (2018). Métodos alternativos de fungicidas para control de *Botrytis Cinerea* en fresa (*Fragaria Vesca*). *Revistas uide*, 3(2), 52-58.
<https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.1.2018.667>
- Rietveld, W. J. (1983). Allelopathic effects of juglone on germination and growth of several herbaceous and woody species. *U.S. Department of Agriculture, Forest Service Research Paper NC-234*. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/19624>
- Rodríguez Sabina, S., Cosoveanu, A., Jiménez, I. *et al.* (2025) Sporminarin A, a polyketide from *Sporormiella isomera* as promising tomato seed coating against *Botrytis cinerea*. *Journal of Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s42161-025-01849-7>
- Salinas, N. (2004). *Análisis de la actividad de extractos crudos de Juglans regia L., Juglans mollis y Carya illinoensis contra Mycobacterium tuberculosis* [Tesis de licenciatura, UANL]. <http://eprints.uanl.mx/1593/1/1020150253.PDF>
- Samprieto, D. (2003). Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf
- Sánchez, N. (2022). Evaluación de las propiedades bioestimulantes de dos productos alternativos en tres variedades de fresa (*Fragaria x ananassa*) en la parroquia Montalvo, provincia de Tungurahua [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/05996f6c-23f8-4f40-a8ce-572658ce286e>
- Saraguro, K. (2023). *Análisis de los canales de comercialización de la fresa (Fragaria) en las parroquias San Lucas, Chuquiribamba y la ciudad de Loja* [Trabajo de integración curricular, Universidad Nacional de Loja].
https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27111/3/KatherineGuissela_SaraguroCalle.pdf
- Sevilla, A. C., Rocha, A., & Barboza, B. (2016). Obtención de características de la enfermedad *Botrytis* en imágenes digitales tomadas a fresas. *Investigación Academia Journals Celaya* (Issue 5). <https://n9.cl/9pmc7>
- Servicio Nacional de Aprendizaje [SENA]. (2014). *Manual técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas*. Colombia. https://issuu.com/linaknup/docs/manual_fresa-final_caratula_baja
- Suzuki, H., Kuroda, K., & Minato, Y. (2011). Efficacy of fungicides in controlling *Botrytis cinerea*. *Annual Report of The Kansai Plant Protection Society*, 53, 13–19.
<https://doi.org/10.4165/kapps.53.13>

- Sytykiewicz, H., Chrzanowski, G., Czerniewicz, P., & Sprawka, I. (2014). Antifungal activity of *Juglans regia* (L.) leaf extracts against *Candida albicans* isolates. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6), 2315–2320. <https://www.pjoes.com/pdf-50881-23456?filename=Antifungal+Activity+of.pdf>
- Taborda Andrade, L. A., Sánchez Orozco, M. S., Bonilla Correa, C. R. & Huertas Davey, C. (2015). Efecto fungistático de extractos y aceites esenciales de *Lippia organoides* HBK y *Thymus vulgaris* L. como alternativas de manejo de *Botrytis cinerea* en fresa [Fungistatic effect of extracts and essential oils of *Lippia organoides* HBK and *Thymus vulgaris* L. as alternative management of *Botrytis cinerea* in strawberry]. *Acta Agronómica*, 64(1). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.35773>
- Tomalo Guanoluiza, M. A. (2015). *Caracterización morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de fresa (Fragaria vesca) en el sector de Salache Barbapamba, cantón Salcedo, Cotopaxi 2015* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2509/1/T-UTC-00044.pdf>
- Topal, A., & Öztürk, N. (2015). Allelopathic effects of juglone and walnut leaf extracts on growth, fruit yield and plant tissue composition in strawberry cvs. ‘Camarosa’ and ‘Sweet Charlie’. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(1), 39-42. <https://www.researchgate.net/publication/287478627>
- Toro, E., & Roldán, I. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels. en zonas andinas. *Madera y Bosques*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2411560>
- Torres, A., Sepúlveda, M., Montoya, J., & Gallardo, F. (2015). Control del moho azul en poscosecha de manzana con productos naturales. *IDESIA*, 33(2), 57–63. <https://doi.org/10.4067/S0718-3429201500020000>
- Tustón, R. (2013). *Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla (Fragaria dioica) para la sierra norte de Pichincha* [Tesis de licenciatura, UPS]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3759>
- Wianowska, D., Garbaczewska, S., Cieniecka-Rosłonkiewicz, A., & Dawidowicz, A. L. (2016). Comparison of antifungal activity of extracts from different *Juglans regia* cultivars and juglone. *Microbial Pathogenesis*, 100, 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.10.009>
- Wilson, C. L., Solar, J. M., El Ghaout, A., & Wisniewski, M. E. (1997). Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Plant Disease*, 81(2), 204–210. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.2.204>

- Yang, P., Zhenzhen, Z., Virag, A., Becker, T., Zhao, L., Liu, W & Xia, Y. (2023). *Botrytis cinerea in vivo inoculation assays for early-, middle- and late-stage strawberries*. *Bio-protocol*, 13(20). [https://doi.org/ 10.21769/BioProtoc.4859](https://doi.org/10.21769/BioProtoc.4859)
- Zeng, R. S., Mallik, A. U., & Luo, S. M. (2023). Allelopathy as a source of bioherbicides: Challenges and prospects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 22(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09656-1>
- Zuñiga, G., Rivera, A., & Cotoras, M. (2013). *Extracto natural para controlar Botrytis cinerea en condiciones previas y posteriores a la recolección* [Natural extract to control *Botrytis cinerea* in pre- and post-harvest conditions]. Universidad de Santiago de Chile. <https://patents.google.com/patent/ES2429799T3/es>

X. Anexos

Anexo A: Certificación de plantas de fresa.

VIVERO SADITH

Ing. Israel Robalino

14 de marzo de 2025.

CERTIFICADO

Por medio de este documento certifico que las plantas de fresa son plantas certificadas de la variedad monterrey cuyas plantas corresponden a los siguientes datos:

PLANTAS DE FRESA		
FECHA TRASPLANTE	25 de enero de 2025	DOSIS
TRATAMIENTO	aplicación de raizal tifo a la raíz	1KG/200 LT AGUA
FERTILIZACIÓN	Aplicación de fosfato mono amónico mas nitrato de amonio	1KG/200 LT AGUA

La información proporcionada es real y se la puede utilizar como creyere conveniente el comprador.

Ing. Israel Robalino

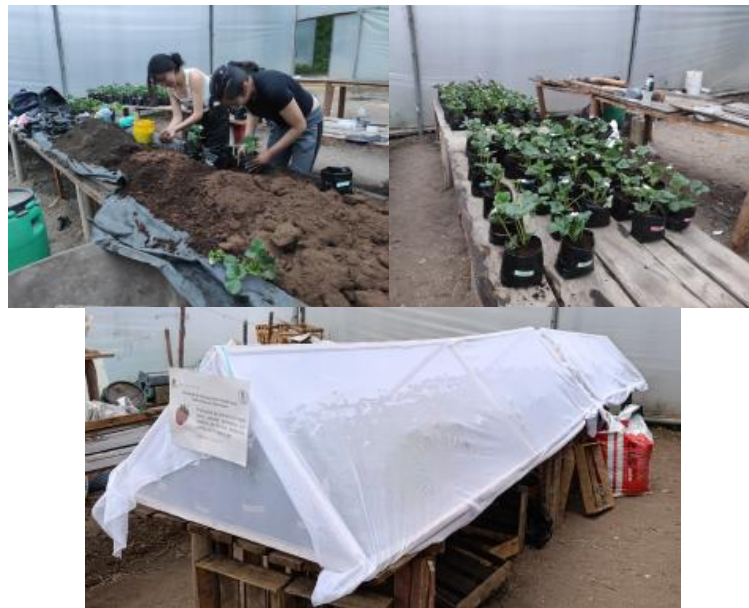
Ced. 1803595956

Cel. 0991369589

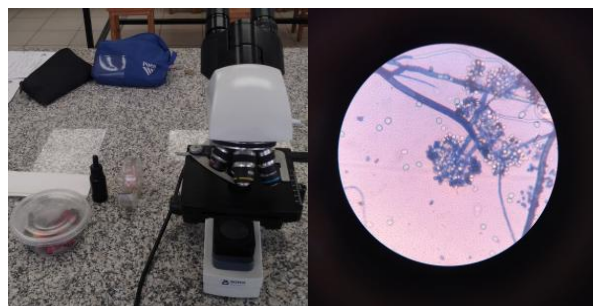
Anexo B: Adecuación de espacio en invernadero y aclimatación de plantas de fresa.



Anexo C: Trasplante de fresas a fundas de vivero con turba estéril y establecimiento bajo una cubierta protectora



Anexo D: Identificación de *Botrytis cinerea* obtenida de frutos contaminados.



Anexo E: Recolección y secado de hojas para preparación de extracto de nogal.




Anexo F: Filtrado y evaporación del extracto.



Anexo G: Ficha técnica de Fertilizante foliar orgánico con recomendación en fresa

Bayfolan Aktivator

Aminoácidos



Recomendaciones de Uso

CULTIVOS	RECOMENDACIONES	DOSIS		
		L/ha	%	Litro cilindro
Vid	Floración, cuajado de fruto y al envero.	-	0.3	0.6
Manzana	Inicio de floración, caída de pétalos, crecimiento de frutos.	-	0.25	0.5
Melocotón	Inicio de floración, caída de pétalos, crecimiento de frutos.	-	0.25	0.5
Fresa	Brotamiento, primera flor y cuajado de frutos.	-	0.5	1
Cítricos	Antes de la floración, caída de pétalos y desarrollo de fruto.	-	0.25	0.5
Melón, sandía, pepino	Periodo de crecimiento, floración y formación de frutos.	-	0.3	0.6
Tomate, pimiento, ají	Prefloración, cuajado y desarrollo de fruto.	-	0.3 - 0.4	0.6 - 0.8
Cebolla, ajo, zanahoria	3 aplicaciones cada 15 días, iniciando cuando las hojas están desarrolladas y la raíz es del tamaño de un lápiz.	-	0.3	0.6
Col, brócoli	Después del trasplante y cada 15 días.	-	0.3 - 0.4	0.6 - 0.8
Espárrago	A la apertura del primer brote y 3 semanas después.	3 - 4	0.4	0.8
Papa	Al aporque, repetir cada 15 días.	3	0.5	1
Algodón	Inicio de floración, 15 días después.	2	0.5	1
Arroz	Inicio macollamiento y espigado (en este cultivo se aplica con atomizadora a motor)	3	0.5	1
Flores de corte	Al inicio del brotamiento, después de cada corte.	-	0.3	0.6
Pompo	Prefloración y repetir cada 15 días.	-	0.3	0.6
Alcachofa	4 aplicaciones cada 15 días, desde la floración.	3	0.5	1
Lechuga	En viveros 2 a 3 veces antes de trasplante. En campo definitivo cada 20 días.	1.5	0.25	0.5
Acelga	Tres aplicaciones, cada 15 días mejoran el desarrollo de las hojas y peciolo.	3	0.5	1
Maíz	Realizar aplicaciones durante el desarrollo vegetativo.	-	-	0.5
Patillo	Aplicaciones durante el brotamiento	-	0.25	0.5

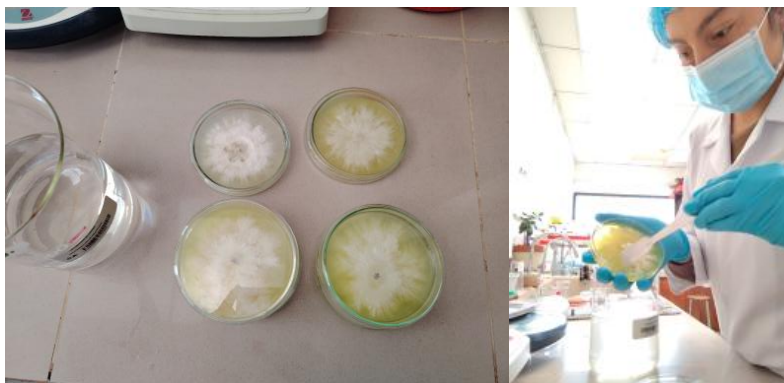
18/11/2019

Envases : Frasco x 1 L
Bidón x 20 L
Cilindro x 200 L

Anexo H: Subcultivo de *Botrytis cinerea* para los postulados de Koch y preparación de inóculo.



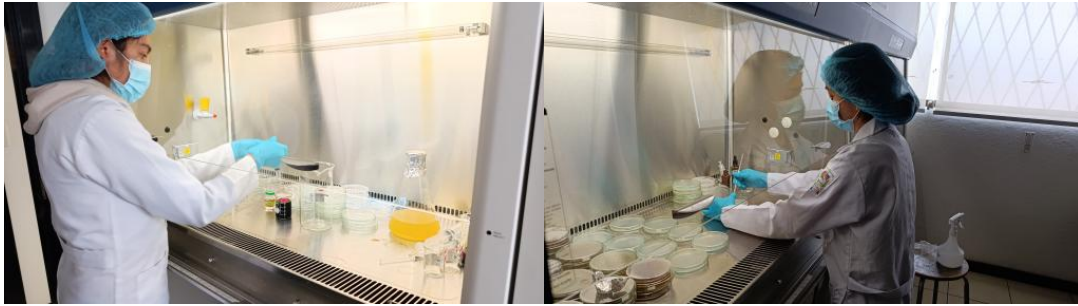
Anexo I: Preparación de inóculo para observación en cámara de Neubauer.



Anexo J: Frutos y plantas inoculados para comprobación de postulados de Koch.



Anexo K: Preparación de medio de cultivo preventivo y curativo.



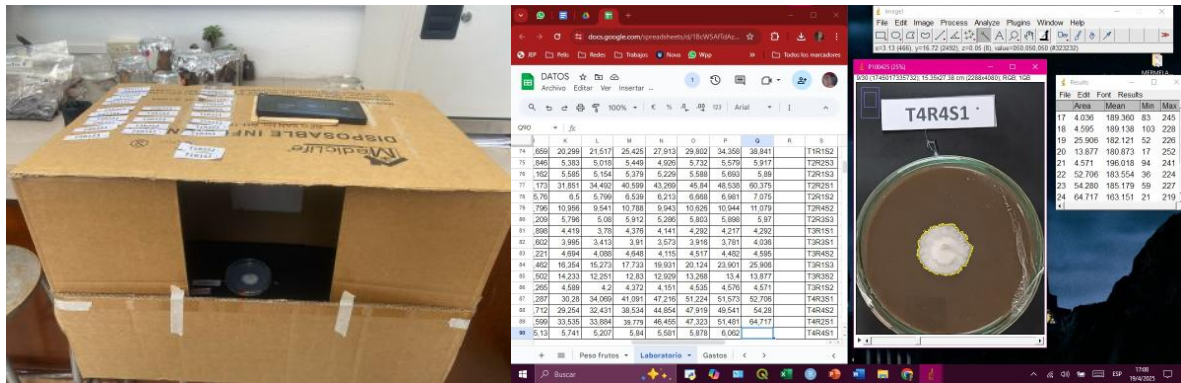
Anexo L: Inoculación de plantas con *B. cinerea*.



Anexo M: Preparación de concentraciones de extracto y aplicación en campo.



Anexo N: Evaluación de crecimiento micelial en laboratorio y procesamiento con Image J.



Anexo Ñ: Evaluación de variables en campo (diámetro, peso, grados brix, incidencia y severidad).



Anexo O: Codificación y distribución de plantas posterior a sorteo para la asignación de tratamientos, repeticiones y sub repeticiones.

PREVENTIVO	T2R4S3	T3R4S1	T1R4S3	T3R1S2
	T2R1S2	T2R2S1	T5R3S1	T3R4S3
	T4R1S1	T5R4S2	T4R1S3	T1R3S1
	T2R4S1	T3R2S2	T5R2S2	T1R2S3
	T1R1S2	T2R4S2	T4R3S1	T3R3S2
	T1R1S3	T4R4S2	T3R1S3	T1R4S1
	T4R2S3	T4R2S2	T5R1S3	T1R3S2
	T3R4S2	T2R2S3	T1R2S1	T5R2S1
	T3R2S1	T5R4S3	T5R1S1	T4R3S3
	T3R2S3	T2R1S1	T2R3S2	T1R4S2
	T3R3S1	T2R1S3	T5R4S1	T4R1S2
	T5R1S2	T2R3S1	T4R2S1	T5R2S3
	T4R3S2	T2R3S3	T1R1S1	T1R2S2
	T1R1S3	T2R2S2	T3R3S3	T5R3S2
	T5R3S3	T4R4S1	T3R1S1	T4R4S3
CURATIVO	T2R1S3	T1R4S2	T3R3S2	T4R1S2
	T5R1S1	T2R3S1	T3R3S1	T4R3S2
	T4R4S3	T3R1S1	T4R2S1	T2R1S1
	T5R3S1	T5R4S2	T1R2S3	T3R2S3
	T3R4S3	T2R4S1	T1R3S1	T1R3S3
	T2R1S2	T1R1S1	T4R2S3	T1R2S1
	T3R1S2	T5R2S3	T4R1S3	T5R2S2
	T2R2S3	T1R4S3	T5R1S3	T3R4S1
	T3R2S2	T4R1S1	T4R3S3	T3R1S3
	T2R3S3	T4R4S2	T4R4S1	T1R4S1
	T2R2S1	T4R2S2	T1R1S2	T5R3S3
	T2R3S2	T1R1S3	T3R4S2	T3R3S3
	T5R4S3	T1R3S2	T1R2S2	T3R2S1
	T4R3S1	T2R4S3	T5R1S2	T2R2S2
	T5R2S1	T2R4S2	T5R4S1	T5R3S2

Nota: Se marcan en amarillo las plantas muestreadas para la toma de datos.

Anexo P: Cronograma de actividades

Cronograma								
Actividad	Mes							
	PAO 9			PAO 10				
	1	2	3	4	5	6	7	
Recopilación bibliográfica y elaboración del marco teórico	x	x	x	x	x	x	x	
Evaluación de postulados de Koch con cepa de <i>Botrytis cinerea</i> previo a la implementación del estudio	x	x	x					
Trabajo en laboratorio y recopilación de datos		x	x	x	x			
Trabajo en campo y recopilación de datos		x	x	x	x			
Procesamiento de datos				x	x	x	x	
Análisis e interpretación de resultados						x	x	
Conclusiones y recomendaciones						x	x	
Preparación de anexos y referencias bibliográficas						x	x	
Preparación del documento impreso y revisiones pertinentes								x