



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERÍA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Yumisaca Caranqui, Maritza Johanna

Tutor:

Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco MgS

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Maritza Johanna Yumisaca Caranqui, con cédula de ciudadanía 0605355601, autora del trabajo de investigación titulado: Evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 12 de diciembre del 2025.



Maritza Johanna Yumisaca Caranqui
C.I: 0605355601

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Daniel Alejandro Luna Velasco catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “Evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*)”, bajo la autoría de Maritza Johanna Yumisaca Caranqui; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 12 del mes de diciembre de 2025



Ing. Daniel Alejandro Luna Velasco MgS

C.I: 1713065843

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), presentado por Maritza Johanna Yumisaca Caranqui, con cédula de identidad número 0605355601, bajo la tutoría de Mcs. Daniel Alejandro Luna Velasco; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 12 de diciembre del 2025

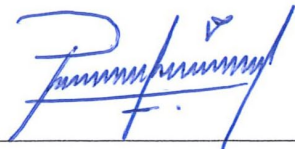
Ing. Cristián Patiño Vidal
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ph.D. Davinia Sánchez Macías.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Paúl Ricaurte Ortiz Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **Maritza Johanna Yumisaca Caranqui** con CC: **0605355601**, estudiante de la Carrera **AGROINDUSTRIA R-A**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*)**", cumple con el 6%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 28 de noviembre de 2025



Mgs. Daniel Luna
TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por permitirme la oportunidad de alcanzar este logro y que me haya dado la fuerza interior para no rendirme y seguir trabajando por lo que me propongo.

A mis padres Ana Caranqui y Gerardo Yumisaca, quienes han sido mis pilares fundamentales en mi crecimiento, por su guía incondicional y su apoyo en mi formación académica y personal.

A mis hermanos Geovanny y Sofia por su cariño y el apoyo constante que siempre me han brindado, esperando sinceramente que este esfuerzo les sirva de inspiración y los motive a perseguir y alcanzar sus sueños.

Finalmente, a mis profesores por inspirarme a ser una profesional integra comprometida con la sociedad e impartirme su conocimiento.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento en primer lugar a Dios, quien fue guía constante en cada paso de mi superación personal y profesional, permitiéndome así alcanzar esta meta universitaria.

Mi más sincero y profundo agradecimiento se dirige a mi estimado tutor, el Msc. Daniel Alejandro Luna Velasco, su dedicación inquebrantable, su paciencia y sus valiosos conocimientos especializados, han sido pilares fundamentales en la travesía de esta investigación.

De igual manera, deseo expresar mi profunda gratitud a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme el espacio y la facilidad para desarrollar esta investigación, en especial a la carrera de Agroindustria, agradezco la oportunidad de formarme profesionalmente. En particular, extendiendo mi reconocimiento a la técnica de laboratorio María Fernanda Rojas su disposición colaborativa y el acceso al laboratorio ya que fueron determinantes para la ejecución de las pruebas experimentales requeridas en este estudio.

Asimismo, quiero dedicar un agradecimiento a mis padres, Luis Yumisaca y Ana Caranqui, su amor incondicional, su apoyo constante e inquebrantable y sus sabios consejos que han constituido mi mayor fuente de motivación e inspiración a lo largo de este camino, a ellos con profundo cariño y reconocimiento, dedico este logro que es también el resultado de su esfuerzo y sacrificio continuo.

Finalmente, pero con un significado inmenso, quiero agradecer a mis compañeros quienes fueron un pilar fundamental durante mi etapa universitaria ya que, con su aliento constante, colaboración y las experiencias compartidas enriquecieron significativamente este proceso formativo, su amistad hicieron este camino más enriquecedor y significativo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| DECLARATORIA DE AUTORÍA | |
| DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR | |
| CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL | |
| CERTIFICADO ANTIPLAGIO | |
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN..... | 14 |
| 1.1 Antecedentes..... | 14 |
| 1.2 Problema | 15 |
| 1.3 Justificación..... | 16 |
| 1.4 Objetivos | 16 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 17 |
| 2.1 MARCO REFERENCIAL | 17 |
| 2.2 MARCO TEÓRICO..... | 20 |
| 2.2.1 Tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>)..... | 20 |
| 2.2.2 Propóleo | 24 |
| 2.2.3 Alternativas sostenibles para el manejo poscosecha | 25 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... | 26 |
| 3.1 Tipo de Investigación..... | 26 |
| 3.2 Diseño Experimental..... | 26 |
| 3.2.1 Materiales y Equipos | 26 |
| 3.2.2 Aislamiento del hongo (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) en medio de cultivo Agar Patata Dextrosa (PDA)..... | 27 |
| 3.2.3 Preparación de los extractos de propóleo | 28 |
| 3.2.4 Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) | 28 |
| 3.2.5 Evaluación del efecto antifúngico en el tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>) .. | 29 |
| 3.3 Técnicas de Recolección de Datos | 30 |
| 3.4 Población de Estudio..... | 31 |

| | | |
|--|---|----|
| 3.4.1 | Tamaño de Muestra | 31 |
| 3.5 | Procesamiento de Datos | 31 |
| 3.6 | Métodos de Análisis..... | 31 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 32 |
| 4.1 | Aislamiento e identificación del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | 32 |
| 4.2 | Concentración mínima inhibitoria (CMI) de propóleo para el control del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | 32 |
| 4.3 | Evaluación del efecto antifúngico en el tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>)..... | 33 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES | | 39 |
| 5.1 | CONCLUSIONES | 39 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 39 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 40 |
| ANEXOS..... | | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | <i>Taxonomía del tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i>)</i> | 21 |
| Tabla 2 | <i>Taxonomía del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i></i> | 23 |
| Tabla 3 | <i>Métodos de extracción de propóleo</i> | 25 |
| Tabla 4 | <i>Insumos y materiales utilizados en el trabajo de investigación</i> | 26 |
| Tabla 5 | <i>Equipos utilizados en el trabajo de investigación</i> | 27 |
| Tabla 6 | <i>Preparación de las distintas concentraciones de propóleo</i> | 28 |
| Tabla 7 | <i>Escala McFarland baja y alta utilizada</i> | 29 |
| Tabla 8 | <i>Aplicación del método de pozo para determinar la concentración mínima inhibitoria</i> | 33 |
| Tabla 9 | <i>Mediciones realizadas durante los 15 días de observación del experimento utilizando la escala McFarland baja</i> | 34 |
| Tabla 10 | <i>Mediciones realizadas durante los 15 días de observación del experimento utilizando la escala McFarland alta</i> | 35 |
| Tabla 11 | <i>Análisis de la prueba Post hoc mediante la prueba de Duncan con corrección de Bonferroni</i> | 37 |
| Tabla 12 | <i>Escala McFarland baja</i> | 49 |
| Tabla 13 | <i>Escala McFarland alta</i> | 50 |
| Tabla 14 | <i>Medición de la temperatura y humedad durante 15 días</i> | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | <i>Tomate de árbol</i> | 20 |
| Figura 2 | <i>Producción de tomate de árbol en provincias predominantes de cultivo y cosecha</i> | 21 |
| Figura 3 | <i>Escala de color del tomate de árbol (Solanum betaceum)</i> | 22 |
| Figura 4 | <i>Propóleo crudo</i> | 24 |
| Figura 5 | <i>Tomates de árbol con presencia de hongo (Colletotrichum gloeosporioides)</i> | 27 |
| Figura 6 | <i>Identificación del hongo Colletotrichum gloeosporioides en el microscopio</i> | 32 |
| Figura 7 | <i>Observación del crecimiento del hongo (Colletotrichum gloeosporioides) en el tomate de árbol durante 15 días</i> | 34 |
| Figura 8 | <i>Observación del crecimiento del hongo (Colletotrichum gloeosporioides) aplicando las diferentes concentraciones en el tomate de árbol durante 15 días</i> | 36 |
| Figura 9 | <i>Desinfección del tomate de árbol con presencia del hongo (Colletotrichum gloeosporioides)</i> | 45 |
| Figura 10 | <i>Aislamiento del hongo Colletotrichum gloeosporioides</i> | 45 |
| Figura 11 | <i>Escala McFarland baja y alta</i> | 46 |
| Figura 12 | <i>Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del Propóleo</i> | 46 |
| Figura 13 | <i>Concentraciones de propóleo</i> | 47 |
| Figura 14 | <i>Implementación de condiciones poscosecha que simularon un sistema de almacenamiento</i> | 47 |
| Figura 15 | <i>Frascos para analizar el método de rociado por spray</i> | 48 |
| Figura 16 | <i>Evaluación del efecto antifúngico con extracto de propóleo aplicado en el Tomate de árbol</i> | 48 |

RESUMEN

La antracnosis causada por el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) genera la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), siendo una de las principales problemáticas que afectan la calidad y vida útil de esta especie vegetal. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial antifúngico del propóleo como una alternativa natural para el control de esta enfermedad. Se determinó en el laboratorio la capacidad antifúngica del propóleo a través del método de pozo para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), de las cuales se analizaron las concentraciones al 25%, 50%, 75% (m/v), comparándolas con el grupo control. Para evaluar el efecto del propóleo en el control de la pudrición poscosecha, se inocularon frutos de tomate de árbol mediante contaminación localizada, se replicaron condiciones poscosecha que simulaban un sistema de almacenamiento, en las cuales se tomó en consideración la escala McFarland con una concentración baja ($1,5 \times 10^8$) y una concentración alta (30×10^8) de microorganismos. Durante un periodo de 15 días, se monitoreó el área del crecimiento del hongo donde se realizó la contaminación localizada, las concentraciones del 50% y 75% mostraron una mayor efectividad para reducir la pudrición poscosecha. Los resultados obtenidos sugirieron que el propóleo evita el crecimiento de este hongo, controlando así la presencia de antracnosis y daños en la estructura de la cáscara del tomate, generando así un mayor control y tiempo de almacenamiento poscosecha, lo que podría ser una alternativa natural, segura y eficaz para el manejo sostenible del tomate de árbol en poscosecha.

Palabras claves: propóleo, poscosecha, efecto antifúngico, contaminación localizada.

ABSTRACT

Anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum gloeosporioides*, leads to postharvest rot in tree tomato (*Solanum betaceum*), a major problem affecting its quality and shelf life. This study aimed to evaluate the antifungal potential of propolis as a natural alternative for controlling this disease. The antifungal activity of propolis was determined in the laboratory using the well diffusion method to establish the minimum inhibitory concentration (MIC), testing concentrations of 25%, 50%, and 75% (m/v) and comparing them with the control. To assess the effect of propolis on postharvest rot control, tree tomato fruits were inoculated through localized contamination. Postharvest conditions simulating a storage system were replicated, using the McFarland scale at low (1.5×10^8) and high (30×10^8) concentrations of microorganisms. Over a 15-day period, the fungal growth area at the inoculation sites was monitored. The 50% and 75% propolis concentrations showed the highest effectiveness in reducing postharvest rot. The results indicated that propolis inhibited fungal growth, thereby controlling anthracnose and preventing damage to the fruit peel structure. This led to better disease control and extended postharvest storage time, suggesting that propolis could be a natural, safe, and effective alternative for the sustainable management of tree tomato during postharvest storage.

Keywords: propolis, postharvest, antifungal effect, localized contamination.



Reviewed by:

Ms.C. Ana Maldonado León

ENGLISH PROFESSOR

C.I.0601975980

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

Marcial Acosta et al. (2023) mencionan que el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) es nativo de la región andina de Sudamérica. Se cultiva principalmente en Colombia, Perú y Ecuador, la pudrición de esta fruta se concentra en la región de la Sierra, involucrando principalmente a pequeños y medianos agricultores de provincias como Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Azuay. Hernández et al. (1998) destacan que la antracnosis causada por el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) es una enfermedad del tomate de árbol, causando pérdidas en frutos superiores al 50%, además de afectar hojas, ramas y la inflorescencia en la provincia de Chimborazo.

Sucharitha et al. (2018) destacan que el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) es susceptible a varias enfermedades poscosecha, que pueden llegar a causar pérdidas significativas en calidad y cantidad, entre las más comunes se encuentran las infecciones fúngicas causadas por patógenos como *Colletotrichum gloeosporioides*, esta enfermedad puede presentarse como manchas oscuras y crecimiento de moho en la superficie de la fruta, afectando negativamente su apariencia y vida útil. Pinzón et al. (2014) mencionan que el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* es conocido por causar manchas negras y lesiones hundidas, puesto que no solo reduce el valor comercial del fruto, sino que también puede hacerlo no apto para el consumo.

Estrella et al. (2020) destacan que durante la etapa de almacenamiento se debe controlar el tomate de árbol para poder reducir las pérdidas poscosecha, por lo que se requiere utilizar conservantes químicos como sorbato de potasio, benzoato de sodio, ácido cítrico, metabisulfito de sodio. Sin embargo, Zavaleta et al. (2022) argumentan que el propóleo se puede utilizar como un producto orgánico, reemplazando así a los productos químicos.

Oryan et al. (2018) mencionan que el propóleo es una sustancia resinosa natural, siendo recolectada por las abejas. Este producto orgánico se encuentra en las yemas de los árboles como álamos, sauces, abedules, eucalipto, alisos. Comúnmente el propóleo es utilizado para la construcción de la colmena, protegiendo de infecciones bacterianas y fúngicas. Ramanauskiene et al. (2013) mencionan que es un material resinoso elaborado por las abejas (*Apis mellifera*), modificado con sus secreciones salivales para transportarlas al interior de la colmena con el fin de utilizar como material de construcción, bloqueo de agujeros y grietas, como defensa química contra microorganismos y como embalsamador de intrusos que han muerto en la colmena y son demasiado grandes para ser eliminados. Estudios realizados por Bankova et al. (2014) indican que sus componentes activos, tales como flavonoides, ácidos fenólicos y terpenos, han demostrado inhibir el crecimiento de diversos patógenos.

Unique (2016) menciona que la composición del propóleo está constituida por un 50% de resinas, 30% de cera, 5% de polen, 10% de aceites esenciales y un 5% de otros componentes, incluyendo minerales, Sosa et al. (2016) mencionan que la fracción resinosa del propóleo está integrada por compuestos fenólicos y flavonoides que son muy importantes y presentan un efecto sinérgico esencial para las actividades biológicas benéficas tanto en humanos como en animales, como las actividades antibacteriana, antifúngica, antiviral, antioxidante, inmunomoduladora, entre otras.

En este contexto, es crucial buscar estrategias efectivas y sostenibles para prevenir la pudrición de los frutos, por lo cual ha habido un interés creciente en el uso de productos naturales con propiedades antimicrobianas, como el propóleo, como una alternativa a los fungicidas químicos orgánicos.

1.2 Problema

La antracnosis es una de las enfermedades que afectan al tomate de árbol en Ecuador, causando daños desde el cultivo hasta la poscosecha, puesto que es causada por el hongo *Colletotrichum Gloeosporioides*, afectando así la calidad y vida útil del fruto, se dice que en países como Ecuador las pérdidas pueden alcanzar hasta un 70% de la producción por antracnosis, representando así un gran impacto económico para los agricultores (Atoche, 2021). Esta enfermedad de la antracnosis es controlada con fungicidas químicos, presentando riesgos para la salud de las personas y el medio ambiente. Por ello, se busca alternativas más seguras y sostenibles para manejar esta enfermedad, mejorando así la calidad del fruto en poscosecha.

Una alternativa sostenible es el uso del propóleo en la cual Carocho et al. (2014) mencionan que el propóleo es una resina natural producida por las abejas a partir de exudados de plantas y ha sido tradicionalmente utilizada en la medicina popular debido a sus múltiples propiedades biológicas, incluyendo actividad antifúngica. Se ha investigado la efectividad que tiene los extractos de propóleo contra los microorganismos patógenos, pero la aplicación contra el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* todavía no ha sido suficientemente demostrada (Ferreira et al., 2018).

Por lo que, este problema tiene la necesidad de analizar sobre cuál es el efecto antifúngico, utilizando extractos de propóleo y la aplicación en el tomate de árbol para prevenir la pudrición en el almacenamiento. Este estudio abordará distintas preguntas que van hacer claves dentro de esta investigación, como la eficacia del propóleo frente a una especie de hongo patógeno, las concentraciones óptimas de propóleo para su aplicación en el tomate de árbol y los posibles mecanismos de acción involucrados en su actividad antifúngica.

1.3 Justificación

La pudrición poscosecha causada por la antracnosis representa un problema significativo para los productores de tomate de árbol en Ecuador, generando pérdidas económicas considerables que afectan su rentabilidad y la sostenibilidad de sus sistemas productivos. Al utilizar fungicidas sintéticos para el control de la antracnosis, tiene como consecuencia provocar riesgos para la salud y el medio ambiente.

Por lo tanto, esta investigación lo que busca es evaluar cual es el potencial antifúngico, utilizando el extracto de propóleo, siendo una de las alternativas naturales para controlar los hongos que causan la pudrición poscosecha en el fruto, los resultados que se presentaran de manera positiva, podrían llegar a concluir que este extracto ayuda al control poscosecha de manera ecológica y segura.

Existen estudios sobre el propóleo, utilizado para la conservación de diversas frutas, sin embargo, para la aplicación en el tomate de árbol aun es limitada, por lo que, se analizara cual es la efectividad del propóleo ecuatoriano, considerando los patógenos y las condiciones agroecológicas en la producción de este fruto centrada en la región Sierra. El objetivo es reducir la dependencia excesiva de los fungicidas sintéticos en el manejo poscosecha del tomate de árbol, promoviendo la opción de una alternativa natural y potencialmente más segura. Se espera contribuir a la reducción de las pérdidas poscosecha y a la mejora de la calidad del fruto que llega al consumidor.

1.4 Objetivos

General

- Determinar el efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

Específicos

- Aislar el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* responsables de la pudrición poscosecha en el tomate de árbol.
- Determinar la concentración mínima inhibitoria de propóleo para el control del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*.
- Evaluar el efecto del propóleo en el control del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 MARCO REFERENCIAL

Para comprender la presente investigación, se desarrolló el análisis de estudios previos que han servido de base para la realización de este proyecto. Se recopiló información clave proveniente de diversos autores, abordando aspectos esenciales que se mencionan a continuación:

En el estudio “Efecto de extracto de propóleos en la calidad poscosecha del mango Super Haden”, de Mulkay et al. (2016), se analizaron las propiedades antimicrobianas del propóleo, ya que es una resina producida por las abejas a partir de brotes y exudados de plantas. Se demostró que contiene flavonoides, ácidos fenólicos y otros compuestos bioactivos, además mencionan que el propóleo puede inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos, previniendo enfermedades fúngicas durante el almacenamiento de frutas, como los cítricos.

Cedeño et al. (2022) realizaron un estudio en el que se examinaron las propiedades antimicrobianas del propóleo, una resina recolectada por abejas de diversas plantas, también demostraron que, debido a su contenido en flavonoides, ácidos fenólicos y otros compuestos bioactivos, el propóleo puede inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos, lo cual es crucial en el control de las enfermedades postcosecha que afectan la calidad y vida útil de los cítricos. Se reporta que hongos como *Penicillium digitatum* y *Penicillium italicum* causan la pudrición durante el almacenamiento de los cítricos, provocando así un rechazo a los fungicidas sintéticos, presentando así al propóleo como una alternativa natural y sostenible.

Quilo (2016) menciona en su estudio que el propóleo viene a hacer una resina que producen las abejas, teniendo propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Los recubrimientos comestibles, formulados con extracto de propóleo hacen que actúen como barreras físicas, liberando así compuestos bioactivos que inhiben patógenos, siendo así que el propóleo contiene flavonoides y ácidos fenólicos responsables de sus efectos; además mejora las características organolépticas de las frutas, extendiendo su vida útil sin dejar residuos tóxicos, también menciona que al momento de evaluar su efecto antifúngico en cítricos ofrece una alternativa natural y sostenible para el manejo postcosecha.

En el estudio titulado "Total Phenolic Content and Antimicrobial Activity of Different Lithuanian Propolis Solutions" de Ramanauskiene et al. (2013) destacan la importancia del propóleo ya sea por sus propiedades antimicrobianas como antimicóticas, validadas mediante experimentos. Su composición incluye resinas, flavonoides, ácidos fenólicos y otros compuestos orgánicos, los autores resaltan su uso en la medicina popular por sus efectos antisépticos, antiinflamatorios y antioxidantes. También se menciona la necesidad de analizar diferentes métodos de extracción y solventes, mejorando así la calidad y actividad antimicrobiana del propóleo, especialmente aquellas que son disueltas en etanol.

Rodríguez et al. (2019) analizaron el efecto antifúngico del propóleo, mencionando investigaciones en donde evidencian las propiedades antimicrobianas, además se recalca los compuestos del propóleo como flavonoides y ácidos fenólicos, siendo responsables de sus efectos antifúngicos, antibacterianos y antioxidantes. También estudios como los de Hernández et al. (2017) identificaron más de 50 compuestos en el propóleo, resaltando la importancia de su composición química y la sinergia entre sus componentes, siendo así que estos antecedentes respaldan la exploración del uso de extractos de propóleo para proteger productos agrícolas como el tomate de árbol durante su almacenamiento.

En el estudio “Evaluación del efecto antifúngico y antibacteriano del propóleo de Zamorano contra los hongos *Fusarium spp*, *Colletotrichum spp* y las bacterias *Pseudomonas spp*, *Xanthomonas spp*.”, Hernández et al. (2021) destacaron que el propóleo es una sustancia natural con múltiples aplicaciones biológicas, producida por las abejas a partir de resinas y exudados de plantas, además su composición va a variar según el origen botánico, la especie que puede ser la abeja o como es el método de recolección, lo cual viene a influir en sus propiedades, cabe recalcar que esta investigación ha demostrado la capacidad para inhibir microorganismos, siendo útil para la preservación de alimentos y la protección de cultivos contra enfermedades fúngicas.

En el estudio de Abanto (2019) se detalla la eficacia que tiene los extractos de propóleo para controlar infecciones causadas por hongos, utilizando métodos tradicionales y modernos para evaluar sus propiedades antifúngicas. Sin embargo, en este estudio se demostró que el propóleo contiene compuestos bioactivos, también se analizó la actividad fungistática y fungicida el extracto etanólico de propóleo utilizando técnicas como la macro dilución en caldo y agar. Este estudio menciona la importancia de la concentración, el origen del propóleo y el método de recolección, puesto que puede llegar a influir en su eficacia, recalcando la necesidad de estandarizar los protocolos para alcanzar datos más precisos y fiables.

Campo et al. (2018) mencionan el uso del extracto de propóleo en la pudrición del tomate de árbol, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, afirmando en investigaciones previas que han demostrado la eficacia antifúngica que tiene los compuestos fenólicos del propóleo. Los flavonoides y ácidos fenólicos inhiben el crecimiento de patógenos, también la composición química del propóleo va a depender de su origen geográfico, afectando su actividad biológica. La proporción de ceras y resinas también influye en su calidad, siendo preferible un alto contenido de compuestos bioactivos solubles en etanol.

Según Castro (2013) resalta sobre la conservación de frutas y verduras frescas al crear una barrera semipermeable que regula la transferencia de gases y vapor de agua, prolongando así la vida útil al retardar la respiración y maduración, siendo así que estos recubrimientos pueden también incorporar antioxidantes y antimicrobianos para mejorar la calidad del producto. Los materiales que son usados, como son los polisacáridos y proteínas vienen hacer muy efectivos, aunque se limitan frente a la humedad.

Romero (2016) da a conocer sobre las propiedades físico-químicas y cuál es la importancia en la alimentación y economía local, también se explica sobre las técnicas de conservación como recubrimientos comestibles, alargando la vida útil del producto, se analiza también cual es la importancia al utilizar aceites esenciales que ayuden tener un efecto antifúngico para la protección de microorganismos, analizando condiciones óptimas en el cultivo y en el manejo que se da en la poscosecha. Este marco proporciona una base sólida para comprender los desafíos y oportunidades en la producción de las frutas, integrando conocimientos teóricos y prácticas agrícolas efectivas para poder mejorar la calidad y rentabilidad del cultivo.

Según Aleman (2021) analiza los procesos poscosecha, cruciales para mantener la calidad de los productos agrícolas, también identifica las principales causas de pérdidas, como el mal manejo de cultivos y la falta de conocimiento sobre técnicas modernas, destacando la importancia de un manejo correcto desde la cosecha hasta el transporte, con herramientas apropiadas y normativas de calidad, además, subraya que capacitar a los productores es esencial para mejorar los estándares y reducir las pérdidas, puesto que sugiere que los manuales de procedimientos pueden optimizar el proceso poscosecha, por lo tanto en resumen, un enfoque integral es vital para asegurar la calidad y minimizar las pérdidas en productos como el tomate de árbol.

Ummah (2019) menciona que el propóleo es una sustancia resinosa que las abejas recolectan de los árboles y plantas, utilizada para sellar y proteger la colmena, también menciona que el propóleo tiene propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias, lo que lo convierte un conservante natural en la industria alimentaria. Diversos estudios han demostrado su eficacia en la prolongación de la vida útil de productos alimenticios, al inhibir el crecimiento de microorganismos, se debe tomar en cuenta que el propóleo contiene compuestos bioactivos que pueden mejorar la calidad nutricional de los alimentos. El uso en bebidas de piña puede llegar a ofrecer beneficios positivos en la salud, se sigue investigando cada día más sobre el propóleo, analizando la aplicación en diferentes sectores del mundo. Al momento de combinar al propóleo con otros ingredientes puede llegar a hacer un producto innovador y sobre todo saludable, por lo que viene hacer muy prometedora.

Iguasnia (2020) menciona la importancia que tiene las biopelículas en la conservación de frutas y vegetales, argumenta estudios previos que demuestran la efectividad de las biopelículas biodegradables para prolongar la vida útil de productos agrícolas. Además, analiza las propiedades de materiales poliméricos naturales, como el almidón, utilizados en su elaboración, también incluye métodos de aplicación y su impacto en la calidad de los alimentos. Esta investigación nos proporciona una base sólida para entender cómo las biopelículas pueden ser una solución sostenible en la industria alimentaria, contribuyendo a la reducción de desperdicios y al uso eficiente de recursos naturales, siendo así que en resumen este estudio integra conocimientos previos y resalta la relevancia de esta investigación en el contexto actual de conservación alimentaria.

A pesar de estos hallazgos, no existen investigaciones sobre su uso específico en la pudrición de frutos de tomate de árbol durante el almacenamiento. Por ello, esta tesis busca evaluar el efecto antifúngico del extracto de propóleo en la pudrición del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), buscando reducir pérdidas poscosecha y mejorar la calidad durante el almacenamiento.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

El tomate de árbol (*Solanum betaceum*) es una fruta ovalada, nativa de las zonas subtropicales de Sudamérica, especialmente de las regiones más elevadas y de clima fresco de Ecuador, Perú, Bolivia y Colombia, esta fruta, alcanza una longitud de 5 a 10 centímetros y crece en árboles pequeños con ramas frágiles (Romero, 2022). El cultivo de tomate de árbol en Ecuador se concentra principalmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Azuay, donde las condiciones agroclimáticas favorecen su desarrollo (Marcial et al., 2023).

Figura 1

Tomate de árbol



Nota. Tomado de Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav.), por Steve Hatfiel (2007).

<https://ageconsearch.umn.edu/record/352511/?v=pdf>

A continuación, se presenta la Tabla 1, en donde indica la taxonomía del tomate de árbol, permitiendo así ubicar esta especie dentro de la clasificación científica, facilitando su estudio y manejo:

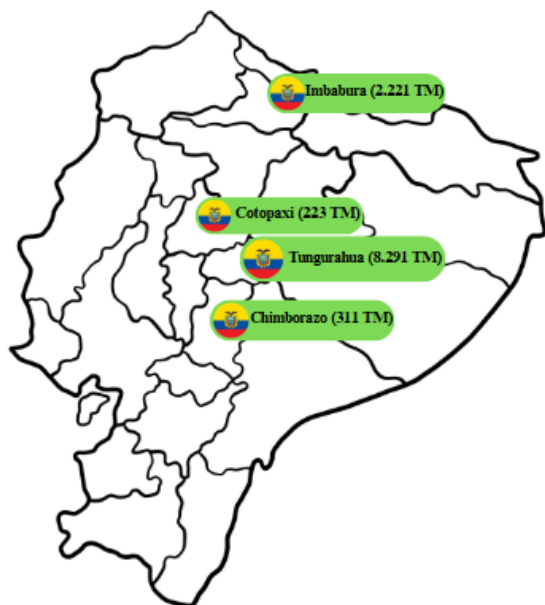
Tabla 1*Taxonomía del tomate de árbol (Solanum betaceum)*

| Taxón | Nombre |
|--------------|-------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden | <i>Solanales</i> |
| Familia | <i>Solanaceae</i> |
| Género | <i>Solanum</i> |
| Especie | <i>Solanum betaceum</i> |
| Nombre común | <i>Tomate de árbol</i> |

Nota. Tomado de Evaluación del propóleo frente al hongo (*Colletotrichum spp.*) en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en fase in- vitro. Por Cuatin (2022).

2.2.1.1 Producción

En el 2023, la superficie total dedicada al cultivo de tomate de árbol en Ecuador llegó a alcanzar las 1.190 hectáreas, cosechando un 42,8%, por lo que su producción fue de 11.046 toneladas métricas y ventas por 10.894 toneladas métricas. Con respecto al volumen y ventas, Tungurahua aportó con un 75,06%, Imbabura con el 20,11%, Chimborazo con el 2,82% y Cotopaxi con el 2,02% (Zelandia et al., 2023). En la Figura 2 se observa la producción de tomate de árbol en 4 provincias donde posee un mayor número de toneladas métricas (TM) producidas.

Figura 2*Producción de tomate de árbol en provincias predominantes de cultivo y cosecha*

2.2.1.2 Fenología del tomate de árbol

La plántula es la etapa inicial del fruto, durante un periodo de 1 a 30 días, comenzando con la germinación de la semilla, brindando energía en la síntesis de nuevos

tejidos, después pasa por la etapa vegetativa encontrando así el desarrollo vegetativo y floración, donde se da desde los 30 a los 45 días y dura entre 25 y 40 días antes de la floración, requiriendo mayor cantidad de nutrientes para poder satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en el crecimiento y la expansión del fruto, a continuación pasa por la etapa reproductiva en donde se inicia a partir de la fructificación entre 40 a 60 días, extrayendo nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración, se debe tomar en cuenta fertilizar antes del trasplante, en el primer y segundo aporque o carpida, realizar la poda o tutoraje, para así poder finalizar con la cosecha (MDRyt ,2010).

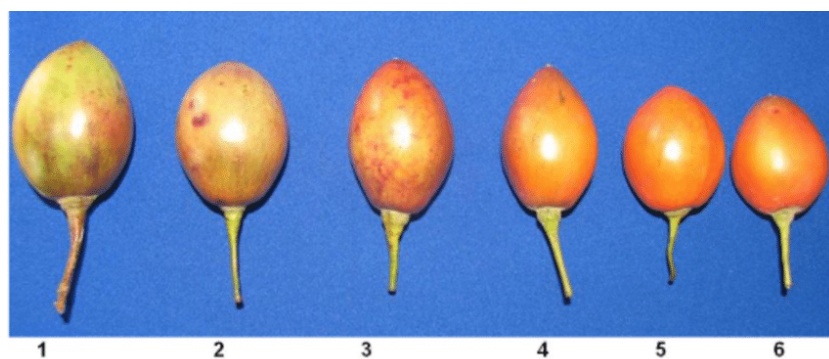
El tomate de árbol es susceptible a enfermedades, las manchas foliares son causadas por hongos como el *Colletotrichum gloeosporioides*, *Alternaria sp.* y *Cercospora sp.*, además la antracnosis, conocida también como ojo de pollo es una enfermedad que causa lesiones en el fruto (Calvo, 2009).

2.2.1.3 Escala de color de tomate de árbol

En la Figura 3 se puede observar la escala de madurez del tomate de árbol, donde, 1 y 2 corresponden a la fase inicial con la presencia de un color verde, 3 y 4 se caracterizan por la aparición de tonalidades anaranjadas y 5 y 6 indican la fase de madurez completa, por lo que su color predomina y pasa de anaranjado a rojizo, señalando así su punto óptimo para el consumo o procesamiento; es importante mencionar que esta clasificación es fundamental para poder determinar las condiciones iniciales de los frutos de tomate de árbol en estudios poscosecha.

Figura 3

Escala de color del tomate de árbol (Solanum betaceum)



Nota. Se muestra la escala de madurez del tomate de árbol; 1 a 2: verde; 3 a 4: pintón; 5 a 6: maduro. Tomado de Frutas frescas. Tomate de árbol, requisitos. Por (Nte Inen 1909-2 | PDF | Tomate | Dureza, n.d.).

2.2.1.4 Causas comunes de pérdidas poscosecha del tomate de árbol

El deterioro poscosecha en productos frescos, causado principalmente por hongos y bacterias provoca daños físicos al tomate de árbol, provocando la pérdida de agua y el aumento de la respiración del producto, con todas las consecuencias negativas que esto conlleva, durante el almacenamiento, el producto experimenta un proceso de envejecimiento que debilita sus tejidos y estructuras celulares. Algunos patógenos producen enzimas que

descomponen la pared celular de los tejidos del producto, acelerando su deterioro y la propagación de la infección, lo que se manifiesta con síntomas como decoloración y aparición acuosa, además los microorganismos pueden generar toxinas y otras sustancias que alteran el sabor del producto, provocando que este sea desagradable o incluso no apto para el consumo humano (FAO, 1978).

En nuestro país el tomate de árbol puede verse afectado por microorganismos como: *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides*, siendo causantes a graves pérdidas en el fruto (Castro et al., 2019).

2.2.1.5 *Colletotrichum gloeosporioides*

En la poscosecha el tomate de árbol está contaminado principalmente por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, causada por la enfermedad conocida como antracnosis u “ojo de pollo”, este patógeno produce serias afectaciones a la fruta durante la cosecha, provocando pérdidas, que pueden exceder el 50% en la producción (Saldarriaga et al., 2008). La antracnosis representa una serie amenaza para el cultivo del tomate de árbol en Ecuador lo que genera pérdidas, por lo general su control se ha basado en el uso de productos químicos (Castro et al., 2019).

2.2.1.6 Taxonomía del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*

En la Tabla 2 se presenta la taxonomía del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*:

Tabla 2

Taxonomía del hongo Colletotrichum gloeosporioides

| Taxón | Nombre |
|--------------|--------------------------|
| Reino | <i>Fungi</i> |
| Phylum | <i>Ascomycota</i> |
| Clase | <i>Sordariomycetes</i> |
| Subclase | <i>Hypocreomycetidae</i> |
| Orden | <i>Glomerellales</i> |
| Familia | <i>Glomerallaceae</i> |
| Género | <i>Colletotrichum</i> |

Nota. Tomado de Evaluación del propóleo frente al hongo (*Colletotrichum spp.*) en tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) en fase in- vitro. Por Cuatin (2022).

2.2.1.7 *Colletotrichum gloeosporioides* en tomate de árbol

El hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) causa la antracnosis, invade los tejidos vivos de la planta denominada como fase biotrófica y luego los destruye denominándola como fase necrotrófica, en donde el hongo penetra la superficie del tomate de árbol mediante una estructura llamada apresorio, puesto que genera presión para que exista el rompimiento de la cutícula y así poder ingresar al tejido vegetal, finalmente cuando se encuentra adentro,

secreta enzimas y compuestos tóxicos que hacen que degraden las paredes celulares permitiendo el desarrollo del hongo (Kim et al., 2000).

El tiempo de crecimiento del hongo va a variar dependiendo de las condiciones ambientales ya que puede ocurrir en pocas horas bajo condiciones favorables de temperatura (25-30 °C) y humedad, siendo así que se puede visibilizar entre 3 y 7 días después de la infección (Joseph et al., 2020).

2.2.2 Propóleo

Se define como propóleo a una sustancia natural producida por las abejas, elaborado a partir de resinas que han sido recolectadas de distintas plantas, parcialmente digeridas mediante un proceso de glucólisis y luego mezcladas con cera y polen dentro de la colmena. Entre sus principales cualidades, una de las más relevantes es su potente acción antimicrobiana, antifúngica y antibacterial (Aymaré et al., 2018). Según Crespo et al. (2024) mencionan que el propóleo se genera principalmente por resinas, exudados y secreciones de plantas, obtenidas a partir de sustancias de brotes, hojas, cortezas y otras partes de las plantas.

Figura 4

Propóleo crudo



Nota. Tomado de Evaluación de las propiedades del propóleo como conservante natural en una bebida elaborada a base de piña (*Ananas comosus*), por Vinet et al., (2011).

2.2.2.1 Composición química del propóleo

El propóleo está compuesto principalmente por resina (50%-70%), aceites y ceras (30%-50%), polen (5%-10%), y otros elementos químicos como aminoácidos, minerales, azúcares, vitaminas del grupo B, C y E, flavonoides, fenoles y compuestos aromáticos (Ahangari et al., 2018).

2.2.2.2 Propiedades biológicas: antimicrobianas, antioxidantes, antifúngicas

El propóleo ofrece una alternativa natural para la preservación de frutas, gracias a sus propiedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y antiinflamatorias:

- **Antioxidante:** contiene compuestos antioxidantes que ayudan a combatir la oxidación de los componentes de los frutos, manteniendo su frescura y calidad.
- **Antibacteriano:** puede inhibir el crecimiento de bacterias que pueden causar pudrición en las frutas.
- **Antifúngico:** ejerce un efecto antifúngico, ayudando a prevenir la proliferación de hongos que pueden deteriorar los frutos (García et al., 2024).

El propóleo muestra una notable capacidad antifúngica contra el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, presentando inhibiciones del crecimiento de los micelios, sus mecanismos de acción comprenden la modificación de la integridad de la membrana celular del hongo, debido a compuestos bioactivos como flavonoides que contiene, lo que hace que interfiera en el proceso de metabolitos esenciales (Pineda et al, 2010; Cuatin, 2022). Además el propóleo actúa como un agente fungistático, inhibiendo la proliferación del micelio y disminuyendo la gravedad de las heridas en los frutos infectados, por lo que, en investigaciones se demostró que se inhibe el 27,24% en tomate de árbol (Cuatin, 2022).

2.2.2.3 Métodos de la extracción de propóleo

A continuación, se presenta los diferentes métodos de extracción de propóleo clasificándose en dos grupos:

Tabla 3

Métodos de extracción de propóleo

| Métodos Convencionales | Métodos no Convencionales |
|-------------------------------|----------------------------------|
| Alcohol | Microondas |
| Destilación | Altas presiones |
| Hidrodestilación | Ultrasonido |
| Por arrastre de vapor | Sistemas de puntos críticos |
| Soxhlet | |
| Lixiviación | |
| Solvente orgánico | |

Nota. Tomado de Tecnologías sustentables (microondas, ultrasonido y CO₂ supercrítico) para extracción de compuestos bioactivos en propóleo, por Campos Montiel et al., (2023).

La extracción con alcohol es una de los métodos más utilizados y efectivos para poder disolver compuestos bioactivos (fenoles, flavonoides), siendo responsables de las propiedades antimicrobianas del propóleo, el método se basa en triturar el propóleo, sumergir en solución alcohólica (96%) a temperatura controlada, la concentración de alcohol es muy importante ya que influye en la extracción ya que existen algunos compuestos que son más solubles en distintas concentraciones de la misma (Barrientos et al., 2021).

2.2.3 Alternativas sostenibles para el manejo poscosecha

Las estrategias sostenibles para el manejo poscosecha se orientan hacia el uso de productos naturales como el propóleo, debido a sus destacadas propiedades antifúngicas y su capacidad para extender la vida útil de los frutos. El propóleo funciona como un agente biocontrolador que limita el desarrollo de hongos patógenos como *Colletotrichum gloeosporioides*, lo que permite reducir el uso de fungicidas químicos y fomentar prácticas más amigables con el medio ambiente, además su aplicación contribuye a mantener la calidad y seguridad microbiológica del tomate de árbol, representando una alternativa económica y ecológica que se posiciona como una herramienta fundamental en el manejo poscosecha sostenible. (Pineda et al, 2010; Campo et al, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de Investigación

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo, fundamentado en la recolección y el análisis de datos numéricos a lo largo de la investigación. En el contexto de la evaluación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*), se realizaron ensayos de diferentes concentraciones de propóleo y se evaluó la incidencia y severidad de la pudrición en los frutos. En el laboratorio se cuantifico la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto de propóleo, estos datos permitieron tener una evidencia sobre el potencial antifúngico que tiene al conservar el tomate de árbol en la poscosecha.

3.2 Diseño Experimental

El diseño de esta investigación es experimental, se buscó determinar el efecto de diferentes concentraciones de extracto de propóleo en la inhibición del crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), agente causal de la pudrición poscosecha del tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Inicialmente, se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del extracto de propóleo contra el hongo mediante ensayos en el laboratorio de microbiología. Posteriormente, se aplicó un grupo control (blanco) y tres concentraciones de extracto de propóleo al 25%, 50% y 75% (m/v), estos porcentajes indican que 2,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%, 5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96% y 7,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%, incluyendo un grupo control (blanco) que no recibió ninguna aplicación del extracto. Para cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones para asegurar la validez estadística, durante el periodo de evaluación poscosecha se fue controlando el crecimiento del área de infección en cada tratamiento planteado durante un periodo de 15 días.

3.2.1 Materiales y Equipos

En la Tabla 4 se muestra los insumos y materiales para el aislamiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* y la determinación de la concentración mínima inhibitoria del propóleo.

Tabla 4

Insumos y materiales utilizados en el trabajo de investigación

| Insumos | Materiales | |
|--|---------------------------|-----------------------------|
| Propóleo crudo | Placas Petri estériles | Mechero Bunsen |
| Frutos de tomate de árbol con pudrición poscosecha | Asas de siembra estériles | Alcohol etílico al 96% |
| Medio de cultivo sólido (Agar Patata Dextrosa) | Bisturí | Portaobjetos y cubreobjetos |
| | Alcohol etílico al 70% | Balón de aforo |
| | Termómetro | Regla milimétrica |
| | Tubos de ensayo | Cooler |

En la Tabla 5 se observa los equipos utilizados con su respectivo modelo, que se han utilizado durante el transcurso de la investigación

Tabla 5

Equipos utilizados en el trabajo de investigación

| Equipos | Modelo |
|-------------------------|---|
| Cámara de flujo laminar | PCR PCR800 PC1000 PCR1200 PCR1300 PCR1500 |
| Autoclave | TUTTNAUER AUTOCLAVE 2540 EK |
| Incubadora | Memmert Unb200 |
| Microscopio óptico | ELICROM-DM-126 |
| Balanza analítica | MA-P serie |
| Reverbero | TEKNO |
| Turbidímetro | ELICROM |
| Termohigrómetro | CLOCK/HUMIDITY HTC-1 |
| Baño maría | |

3.2.2 Aislamiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) en medio de cultivo Agar Patata Dextrosa (PDA)

Se recolectaron frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) con síntomas característicos de infección del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, obtenidas en el Mercado Mayorista de la provincia de Chimborazo. En la Figura 5 se muestra tomates de árbol con presencia del hongo.

Figura 5

*Tomates de árbol con presencia de hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*)*



Nota. Presencia del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) en el tomate de árbol.

Se realizó una desinfección superficial de los frutos mediante la aplicación de etanol al 70%, seguido de un enjuague con agua destilada estéril. Posteriormente, bajo condiciones de asepsia, se cortó pequeñas secciones de tejido, utilizando un bisturí estéril, a continuación,

se pasó a placas Petri estériles que contenían medio de cultivo Agar Patata Dextrosa (PDA), utilizando una siembra a superficie. Las placas inoculadas se incubaron a una temperatura controlada de 23 °C – 25 °C, durante un periodo de 7 días bajo observación periódica, finalmente, siguiendo la metodología de Trinidad et al. (2017) se realizó la identificación del hongo en el microscopio, en la cual con una asa de siembra estéril se tomó una muestra del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) y se colocó sobre un portaobjetos, sobre esta muestra se agregó una gota de azul de metileno y se examinó bajo el aumento de 40x, se observó características distintivas del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, tales como hifas septadas, conidios asexuales en forma alargada. observando características distintivas del hongo.

3.2.3 Preparación de los extractos de propóleo

El propóleo fue recolectado en la parroquia de Quimiag, previamente se limpió para eliminar impurezas, se redujo su granulometría, a continuación, se pesó la cantidad requerida de propóleo y se colocó en tubos de ensayo con alcohol etílico al 96%. En la Tabla 6 se observa cómo se preparó las concentraciones de propóleo:

Tabla 6

Preparación de las distintas concentraciones de propóleo

| Concentración | Descripción |
|---------------|---|
| 25% | 2,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%. |
| 50% | 5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%. |
| 75% | 7,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%. |

Para la preparación de las mezclas, se utilizaron cantidades específicas de propóleo disueltas en etanol al 96%, como se muestra en la Tabla 6, posteriormente se llevó a cabo la extracción de los compuestos antifúngicos presentes en el propóleo, en donde se sometieron a un calentamiento controlado en Baño maría a temperatura de 40-50 °C durante 10 a 15 minutos, con agitación continua para asegurar la homogenización, posteriormente las soluciones se filtraron al vacío para remover partículas insolubles. Los extractos filtrados se almacenaron en frascos de vidrio ámbar estériles, debidamente etiquetados y protegidos de la luz, hasta su posterior utilización en los ensayos antifúngicos. Para la extracción del propóleo se realizó mediante el método de Figueroa (2014).

3.2.4 Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

Para evaluar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), se aplicó el método de pozo descrito por Torres et al. (2017), la cual primero se vertió en placas Petri el Agar Patata Dextrosa (PDA) y se dejó solidificar, a continuación, se preparó un inóculo del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* siguiendo el método de Fiallos (2017). La suspensión de conidios se ajustó a la turbidez mediante comparación visual con los estándares 0,5 y 10 de la escala McFarland, lo que corresponde aproximadamente a concentraciones fúngicas de

1.5x10⁻⁸ células/ml para la turbidez de 0,5 y 30x10⁻⁸ células/ml para la turbidez de 10, con ayuda de una punta de micropipeta (aproximadamente 6 mm) se realizó en cada placa Petri 4 pozos, posteriormente se procedió a colocar las concentraciones m/v (2,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%, 5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96% y 7,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%. y grupo control). Finalmente se dejó incubar durante un periodo de 7 días a una temperatura de 28 °C – 30 °C.

En la Tabla 7 se observa la escala McFarland, en la cual se obtuvo a partir de soluciones de cloruro de bario (BaCl₂) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) en balones aforados, se mezclaron dependiendo la cantidad de solución que se necesita, con un turbidímetro se midió la turbidez, verificando que corresponde a los valores establecidos de la escala McFarland baja y alta. La escala McFarland es fundamental porque nos permite estandarizar la densidad microbiana, asegurándonos la precisión de los ensayos microbiológicos.

Tabla 7

Escala McFarland baja y alta utilizada

| Nº | BaCl ₂ | H ₂ SO ₄ | ml | Nº células |
|-----|-------------------|--------------------------------|----|---------------------|
| 0,5 | 0,05 | 9,95 | 10 | 1,5x10 ⁸ |
| 10 | 1 | 9 | 10 | 30x10 ⁸ |

Nota. Este rango se seleccionó para asegurar una concentración adecuada de inóculo que permita una evaluación uniforme del crecimiento fúngico.

3.2.5 Evaluación del efecto antifúngico en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

Para evaluar el efecto antifúngico, se recrearon condiciones poscosecha, en donde se mantuvo la humedad entre los 38% y 61%, cuyo monitoreo se realizó con un termohigrómetro (modelo CLOCK/HUMIDITY HTC-1) garantizando las condiciones constantes para la simulación del ambiente de conservación del fruto como se observa en la Tabla 14. Se aplicó este método de Cuatin (2022).

Previo a la inoculación, los frutos fueron desinfectados superficialmente con etanol al 70%, seguido de un enjuague con agua destilada estéril, buscando eliminar contaminantes superficiales y evitar infecciones no deseadas que pudieran interferir con la evaluación específica del efecto antifúngico del propóleo sobre el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, posteriormente se determinó una infección localizada (aproximadamente 2 cm) en cada fruto de tomate de árbol que se obtuvo en la Parroquia de Quimiag, donde se depositó con un isopo estéril una cantidad aproximadamente 1 ml de inóculo del hongo utilizando la escala McFarland. Para realizar la infección localizada se siguió el método de Gañán et al. (2015). Se utilizaron las mismas escalas que se mencionó en la Tabla 7, el primer lugar que simuló condiciones poscosecha se utilizó para aplicar la escala McFarland baja y

el segundo lugar que simulo condiciones poscosecha se utilizó para la escala McFarland alta. Cada simulación obtuvo un total de 16 frutos de tomate de árbol con concentraciones de propóleo m/v (2,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96%, 5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96% y 7,5 gramos de propóleo crudo en 10 mililitros de etanol al 96% y el grupo control). Para aplicar las diferentes concentraciones de propóleo, se utilizó un método de rociado por spray, asegurando una cobertura homogénea sobre la superficie de cada fruto, durante un periodo de 15 días, puesto a eso se realizó el seguimiento del crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) en cada tomate de árbol. Se aplicó este método de Cuatin (2022).

Para la medición de la incidencia de la enfermedad, se utilizó una regla milimétrica para medir las dimensiones del área afectada, midiendo tanto el largo como el ancho de la mancha de pudrición, puesto que la fruta tiene una forma irregular y la expansión del hongo puede ser asimétrica, la medición se efectuó considerando las dimensiones máximas paralelas al eje longitudinal y transversal de la mancha, calculando así el área aproximada del daño, además se registraron las variables ambientales de temperatura y humedad durante todo el periodo para correlacionar estas condiciones con el desarrollo del hongo. Este método se aplicó de Morales et al. (2018) quienes mencionan que el uso de métodos de medición del área en hongos, toman el largo y ancho de la colonia para aproximar áreas cuando las colonias tienen formas irregulares o asimétricas.

3.3 Técnicas de Recolección de Datos

Para el aislamiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), se recolectaron muestras de frutos de tomate de árbol presentando síntomas característicos de infección, las muestras fueron transportadas al laboratorio en condiciones controladas, en el laboratorio se aisló bajo condiciones estériles y se realizó la identificación del hongo mediante la observación microscópica, los datos sobre el crecimiento del inóculo fueron registrados en evidencias fotográficas.

Para la evaluación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), se realizaron distintas concentraciones de propóleo aplicando el método de pozo en placas con Agar Patata Dextrosa (PDA) inoculadas con el hongo aislado, se midió el diámetro de las zonas de inhibición a los 7 días, las mediciones se realizaron con una regla milimétrica.

Para la determinación del efecto antifúngico del extracto de propóleo sobre la pudrición poscosecha del tomate de árbol, los datos recolectados en el control del crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) se realizaron mediciones del diámetro, este procedimiento se midió con ayuda de una regla milimétrica alrededor del punto de inoculación, además los datos fueron recolectados cada día durante un periodo de 15 días en el mismo horario para minimizar las variaciones debidas a factores externos, este procedimiento se realizó durante la fase de incubación en lugares que simulaban condiciones poscosecha, el control de estas variables se midió con ayuda de un equipo denominado Termohigrómetro con el registro diario.

3.4 Población de Estudio

Frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en estado de madurez recolectados en la parroquia de Quimiag, sector “Valle Pucara”, provincia de Chimborazo, Ecuador, se seleccionaron frutos que no presentaban daños ni signos evidentes de enfermedades previas.

Cultivos puros del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) aislados de frutos de tomate de árbol con síntomas de pudrición poscosecha recolectados en el mercado “Mayorista” provincia de Chimborazo, cantón Riobamba.

3.4.1 Tamaño de Muestra

En la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), se evaluaron 3 concentraciones de extracto de propóleo, con tres repeticiones por cada concentración.

Para la evaluación del efecto antifúngico en frutos se utilizaron un total de 32 frutos de tomate de árbol, distribuidos en dos lugares que simulaban condiciones poscosecha, 16 frutos por cada simulación poscosecha, incluyendo tratamientos al 25%, 50%, 75% y grupo control (blanco) con cuatro repeticiones por tratamiento.

3.5 Procesamiento de Datos

Para evaluar la severidad de la pudrición, se midió el área afectada en cada fruto y estos datos fueron registrados en una hoja de cálculo para cada fruto, tratamiento y tiempo de evaluación. Los valores de concentración mínima inhibitoria (CMI) obtenido en los ensayos, se registraron como la concentración más bajo del extracto que inhibió el crecimiento visible del hongo.

3.6 Métodos de Análisis

El análisis estadístico de los datos recopilados durante la experimentación se llevó a cabo mediante el software R Studio, se emplearon diversas técnicas estadísticas con el fin de evaluar el efecto de la aplicación de propóleo en el tomate de árbol. Primero se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la normalidad de los datos, debido a que los datos no cumplían con esta condición, se empleó la prueba no paramétrica denominada Scheirer-Ray-Hare y finalmente se realizaron pruebas post hoc con el test de Duncan, ajustando los resultados mediante la corrección de Bonferroni, con el objetivo de identificar que grupos presentan diferencias significativas y cuáles no.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

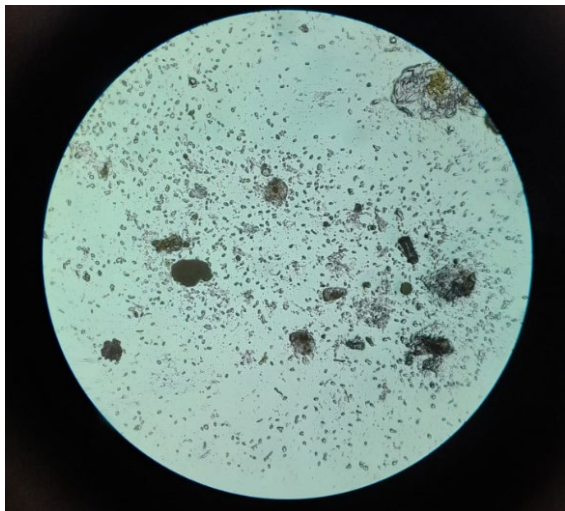
En este capítulo muestra los resultados obtenidos de la presente investigación, abordando cada uno de los objetivos específicos planteados. A continuación, se especifican los hallazgos relacionados con el aislamiento e identificación del patógeno, la evaluación de la actividad antifúngica del propóleo y su efecto en el control de la pudrición poscosecha del tomate de árbol.

4.1 Aislamiento e identificación del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*

En la Figura 6 se observa al hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) bajo el microscopio, donde se puede observar los conidios, siendo estructuras reproductivas asexuales del hongo, presentando así diversas formas como pueden ser ovaladas o alargadas y podrían presentar pequeñas células en su extremo, conocidas como células apicales, facilitando la dispersión y germinación (Pineda et al., 2010), también se puede identificar las hifas que son representadas por estructuras filamentosas ramificadas que conforman el micelio del hongo, permitiendo así el crecimiento y colonización del tejido vegetal. Las hifas de *Colletotrichum gloeosporioides* suelen ser septadas, es decir, divididas por tabiques transversales que segmentan el filamento, característica importante para su identificación, estas estructuras permiten al hongo invadir y degradar los tejidos del tomate de árbol, lo que explica su capacidad patogénica en poscosecha (Campo et al., 2018).

Figura 6

Identificación del hongo Colletotrichum gloeosporioides en el microscopio



4.2 Concentración mínima inhibitoria (CMI) de propóleo para el control del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*

En este estudio para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, se aplicó el método de pozo obteniendo los resultados que

se observa en la Tabla 8. Los datos obtenidos demuestran la actividad antifúngica del extracto de propóleo in vitro sobre el hongo. Se observa una relación dosis-respuesta: al aumentar la concentración de propóleo, también crece el diámetro del halo de inhibición. La concentración del 50% se considera la concentración mínima inhibitoria (CMI) para el control del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*).

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Pineda et al. (2010) en donde mencionan que el propóleo tiene un impacto importante en la inhibición del crecimiento de hongos, ya que se observa un mayor efecto sobre el crecimiento micelial a medida que se eleva la dosis del extracto, lo que respalda el uso del propóleo como un remedio antifúngico natural. Estos resultados enfatizan la relevancia de ajustar la cantidad de propóleo para aumentar su acción antifúngica en la gestión posterior a la cosecha del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), lo que ayuda a desarrollar enfoques sostenibles al disminuir el uso de fungicidas químicos. Meneses et al. (2009) destacan que los principales compuestos activos del propóleo son los diterpenos labdanoides, en donde ejercen su acción antifúngica principalmente al interferir con la estructura y función de la membrana celular del hongo, el mecanismo de acción específico implica la alteración de la integridad de la membrana fúngica, lo que provoca una pérdida de permeabilidad selectiva, afectando así la osmoticidad celular y causando la inhibición del crecimiento micelial, por lo que al dañar la membrana y posiblemente afectar la síntesis de componentes esenciales como el ergosterol, los diterpenos labdanoides inducen estrés celular que conduce a la muerte del hongo.

Tabla 8

Aplicación del método de pozo para determinar la concentración mínima inhibitoria

| Concentración de propóleo (%) | Halos de inhibición (mm) |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Blanco | NC |
| 25 | 12,25 ± 0,82 |
| 50 | 15,00 ± 1,58 |
| 75 | 19,00 ± 3,00 |

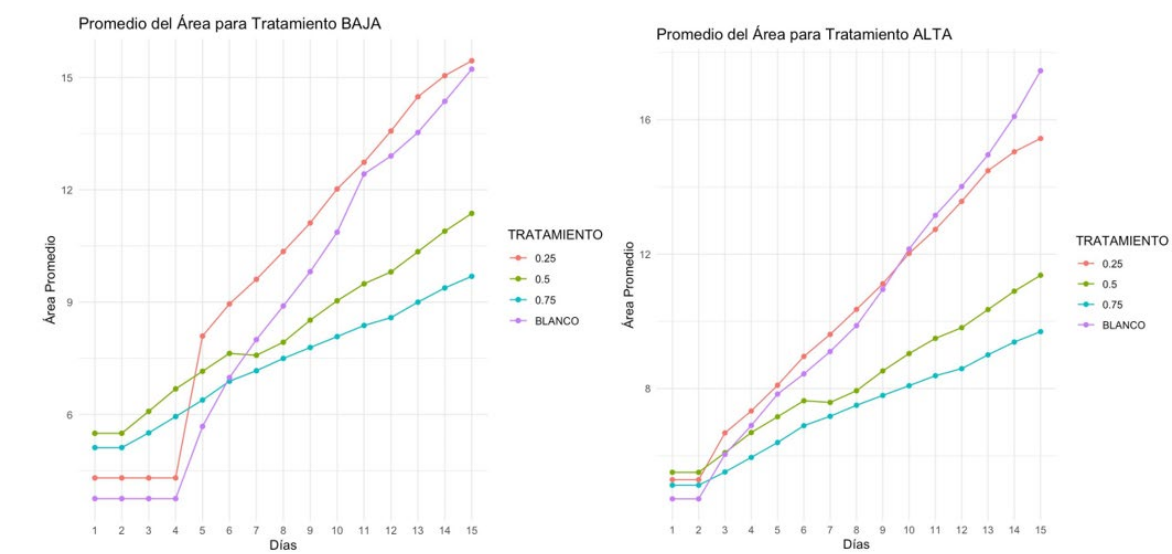
Nota. Los valores presentados corresponden al promedio y desviación estándar calculados a partir de cuatro repeticiones realizadas.

4.3 Evaluación del efecto antifúngico en el tomate de árbol (*Solanum betaceum*)

En la Figura 7 se observa la evolución del área de infección a lo largo de 15 días, evaluando el crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) bajo diferentes concentraciones de extracto de propóleo (25%, 50%, 75%) y grupo control (blanco).

Figura 7

Observación del crecimiento del hongo (Colletotrichum gloeosporioides) en el tomate de árbol durante 15 días



La Tabla 9 corresponde a las mediciones realizadas durante los días de observación del experimento, se cuantificó diariamente el avance del hongo, considerando la cantidad baja de la escala McFarland (0,5) con una concentración fúngica de $1,5 \times 10^{-8}$ células/ml, se realizó cuatro repeticiones para cada concentración de propóleo:

Tabla 9

Mediciones realizadas durante los 15 días de observación del experimento utilizando la escala McFarland baja

| Escala McFarland Baja ($1,5 \times 10^{-8}$ células/ml) | | | | |
|--|--------------|--------------|-------------|-------------|
| Días | Blanco | 25% | 50% | 75% |
| 1 | 3,76 ± 0,66 | 4,31 ± 1,78 | 4,20 ± 0,53 | 4,16 ± 0,49 |
| 2 | 3,76 ± 0,66 | 4,31 ± 1,78 | 4,20 ± 0,53 | 4,16 ± 0,49 |
| 3 | 3,76 ± 0,66 | 4,31 ± 1,78 | 4,20 ± 0,53 | 4,16 ± 0,49 |
| 4 | 3,76 ± 0,66 | 4,31 ± 1,78 | 4,20 ± 0,53 | 4,16 ± 0,49 |
| 5 | 5,68 ± 1,41 | 5,91 ± 1,98 | 5,18 ± 0,76 | 4,68 ± 0,44 |
| 6 | 6,99 ± 1,35 | 6,89 ± 1,99 | 5,52 ± 0,67 | 4,96 ± 0,36 |
| 7 | 8,00 ± 1,20 | 8,06 ± 2,39 | 5,87 ± 0,76 | 5,18 ± 0,37 |
| 8 | 8,90 ± 1,45 | 8,91 ± 2,59 | 6,23 ± 0,68 | 5,41 ± 0,35 |
| 9 | 9,82 ± 1,74 | 9,33 ± 2,51 | 6,55 ± 0,67 | 5,82 ± 0,31 |
| 10 | 10,87 ± 1,82 | 10,23 ± 2,52 | 7,02 ± 0,61 | 6,12 ± 0,36 |
| 11 | 12,42 ± 2,42 | 10,81 ± 2,48 | 7,29 ± 0,43 | 6,38 ± 0,37 |
| 12 | 12,90 ± 1,96 | 11,74 ± 2,47 | 7,63 ± 0,36 | 6,57 ± 0,38 |
| 13 | 13,53 ± 1,53 | 12,33 ± 2,37 | 7,97 ± 0,32 | 6,76 ± 0,26 |
| 14 | 14,36 ± 1,08 | 13,21 ± 2,29 | 8,26 ± 0,32 | 6,96 ± 0,34 |
| 15 | 15,22 ± 0,87 | 14,49 ± 2,08 | 8,69 ± 0,19 | 7,16 ± 0,30 |

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio y desviación estándar calculados a partir de cuatro repeticiones realizadas. El área se midió en cm².

En la Tabla 10 se indica el crecimiento del hongo mediante mediciones realizadas durante los 15 días de medición del experimento, considerando la cantidad alta (10) de la escala McFarland del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) con una concentración de fúngica de 30×10^{-8} células/ml, se realizó cuatro repeticiones para cada concentración de propóleo:

Tabla 10

Mediciones realizadas durante los 15 días de observación del experimento utilizando la escala McFarland alta

| Escala McFarland Alta (30×10^{-8} células/ml) | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|-------------|
| Días | Blanco | 25% | 50% | 75% |
| 1 | 4,71 ± 0,93 | 5,28 ± 1,26 | 5,50 ± 0,52 | 5,12 ± 1,07 |
| 2 | 4,71 ± 0,93 | 5,28 ± 1,26 | 5,50 ± 0,52 | 5,12 ± 1,07 |
| 3 | 6,04 ± 1,04 | 6,68 ± 1,33 | 6,09 ± 0,75 | 5,51 ± 1,04 |
| 4 | 6,90 ± 0,90 | 7,33 ± 1,50 | 6,69 ± 0,78 | 5,95 ± 0,91 |
| 5 | 7,83 ± 1,01 | 8,10 ± 1,74 | 7,16 ± 0,71 | 6,39 ± 0,90 |
| 6 | 8,43 ± 1,14 | 8,95 ± 1,84 | 7,63 ± 0,73 | 6,89 ± 1,16 |
| 7 | 9,10 ± 1,22 | 9,61 ± 1,86 | 7,58 ± 1,10 | 7,17 ± 1,19 |
| 8 | 9,87 ± 1,23 | 10,35 ± 1,85 | 7,93 ± 1,22 | 7,50 ± 1,22 |
| 9 | 10,95 ± 1,26 | 11,12 ± 2,08 | 8,52 ± 1,28 | 7,79 ± 1,25 |
| 10 | 12,15 ± 1,47 | 12,02 ± 2,03 | 9,04 ± 1,36 | 8,08 ± 1,28 |
| 11 | 13,16 ± 1,56 | 12,74 ± 1,92 | 9,49 ± 1,51 | 8,38 ± 1,32 |
| 12 | 14,01 ± 1,64 | 13,57 ± 2,11 | 9,81 ± 1,54 | 8,59 ± 1,32 |
| 13 | 14,96 ± 1,60 | 14,49 ± 2,05 | 10,35 ± 1,67 | 9,00 ± 1,67 |
| 14 | 16,10 ± 1,40 | 15,05 ± 1,66 | 10,90 ± 1,74 | 9,38 ± 1,73 |
| 15 | 17,46 ± 1,56 | 15,45 ± 1,69 | 11,37 ± 1,66 | 9,69 ± 1,87 |

Nota. Los valores presentados corresponden al promedio y desviación estándar calculados a partir de cuatro repeticiones realizadas durante un periodo de 15 días. El área se midió en cm^2 .

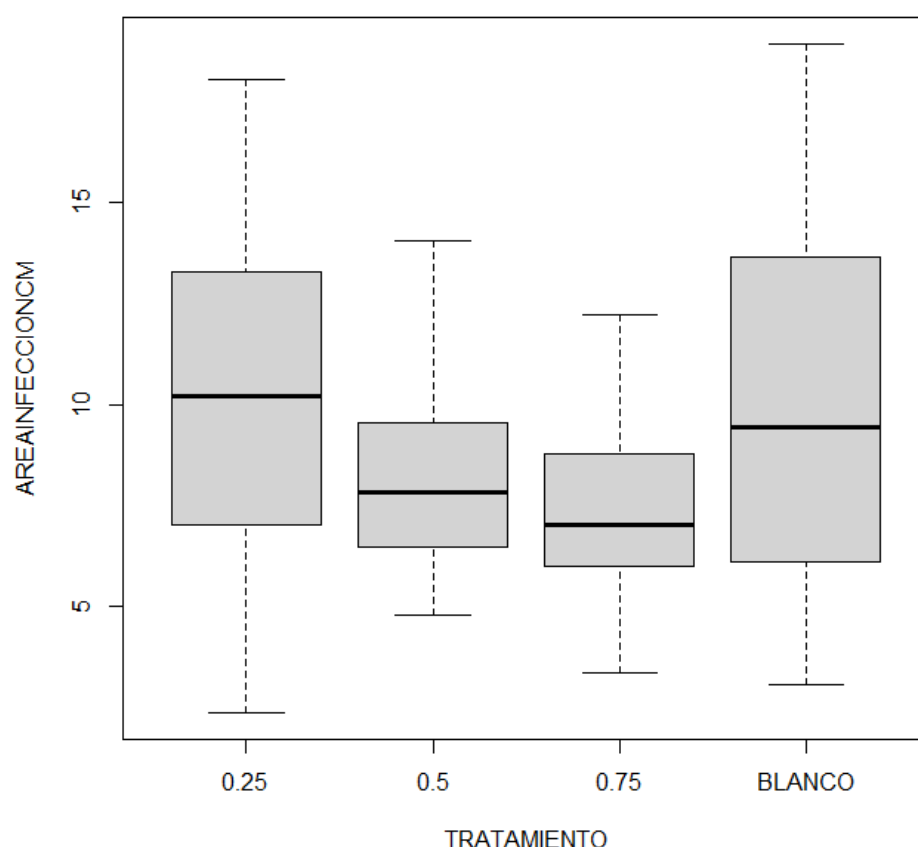
Los resultados de la Tabla 9 y Tabla 10 se observa que hay un crecimiento en el área de infección del hongo, en los cuales se identificaron que a una concentración del 75% hay un crecimiento menor al día 15. Según el análisis estadístico se muestra las diferencias del área de infección a lo largo de 15 días como se observa en la Figura 8 representado por un Diagrama de cajas y bigotes, en donde se evaluó el crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) bajo diferentes concentraciones de extracto de propóleo (25%, 50%, 75%) y grupo control con dos niveles de inóculo.

Se observa que el extracto de propóleo ejerce un efecto antifúngico dependiente de la dosis, logrando reducir el área afectada a concentraciones del 50% y 75%, en comparación con el tratamiento al 25% y el grupo control, aunque el uso de un inóculo alto, incrementa el área de infección, el propóleo mantiene su eficacia en ambas condiciones, lo que resalta su potencial como alternativa sostenible para el manejo poscosecha de este hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*). Estos hallazgos coinciden con Celoto et al. (2008) quienes reportaron el comportamiento sobre la actividad antifúngica de extractos naturales contra

este patógeno, donde demuestran la capacidad para inhibir el crecimiento micelial y la germinación de esporas del hongo (*Colletotrichum Gloeosporioides*), así como Moreno et al. (2016) quienes mencionan que en su investigación la eficacia del propóleo se mantuvo incluso utilizando una escala McFarland alta, lo que es importante en el manejo poscosecha ya que puede variar el crecimiento del hongo.

Figura 8

*Observación del crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) aplicando las diferentes concentraciones en el tomate de árbol durante 15 días*



Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk, la cual arrojó un valor p de $2,698e-09$, dado que este valor es mucho menor que el nivel de significancia (0,05), se rechaza la hipótesis nula, indicando que los datos no siguen una distribución normal, por esta razón, para el análisis estadístico se utilizó una prueba no paramétrica denominada Scheirer-Ray-Hare.

Esta prueba muestra que ni la variable inóculo ($p = 0,1706$) ni la interacción entre inóculo: tratamiento ($p = 0,41808$) tienen un efecto significativo sobre el área analizada ya que sus valores p son mayores que el nivel de significancia, en cambio la variable tratamiento presenta un efecto altamente significativo ($p = 0,00000$), lo que indica que los diferentes tratamientos aplicados al tomate de árbol tienen un impacto significativo en la variable medida, esto sugiere que el factor tratamiento es determinante para el control o desarrollo del hongo, posteriormente se realizó la prueba post hoc mediante la prueba de Duncan con

corrección de Bonferroni para identificar que grupos presentan diferencias significativas y cuáles no, como se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11

Análisis de la prueba Post hoc mediante la prueba de Duncan con corrección de Bonferroni

| Concentraciones | 25% | 50% | 75% |
|-----------------|---------|---------|---------|
| 50% | 0,0008 | | |
| 75% | 0,0000* | 0,0903 | |
| Blanco | 0,5606 | 0,0415* | 0,0000* |

Nota. Los valores presentados hacen referencia a la probabilidad y el símbolo (*) hace referencia a los niveles de significancia alto.

En la Tabla 11 se muestra las diferencias significativas entre las concentraciones de propóleo en el control del crecimiento del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), en la cual las concentraciones de 25% y 50% ($p=0,0008$), así como del 25% y 75% ($p=0,0000$) presentaron diferencias significativas, indicando así que el aumento de la concentración de propóleo reduce notablemente el desarrollo del hongo.

Sin embargo, no se observó diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de 50% y 75% ($p=0,0903$), lo que sugiere que a partir de 50% se alcanza un efecto máximo de inhibición. Asimismo, el tratamiento Blanco mostro una diferencia significativa con el tratamiento al 75% ($p=0,0000$), confirmando que la mayor concentración evaluada presento el efecto antifúngico más marcado frente al control, mientras que las concentraciones más bajas presentaron diferencias menos evidentes.

Los resultados obtenidos durante el periodo de 15 días mostraron un aumento progresivo en el área de infección localizada tanto el grupo control (blanco) como en el tratamiento con propóleo al 25%, lo que indica una capacidad limitada para inhibir el crecimiento del hongo bajo estas condiciones, sin embargo las concentraciones de propóleo al 50% y 75% mostraron una menor tasa de incremento en el área infectada, se observó también un crecimiento moderado en el tamaño del área pero ambas concentraciones al finalizar el periodo no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos al 50% y 75%. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han reportado la actividad antifúngica de extracto naturales contra el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), como lo es de Rueda et al. (2018) quienes demostraron que al utilizar metabolitos secundarios presentes en extractos de hojas de tomate de árbol tiene actividad antibiótica contra el patógeno, asimismo, Gañán et al. (2015) mencionan que el manejo de la antracnosis en frutos tropicales existe dificultad al momento de controlar esta enfermedad únicamente con fungicidas convencionales, lo que ha dado como una alternativa natural utilizar el propóleo, puesto que es conocido por sus compuestos fenólicos con propiedades antimicrobianas.

Las concentraciones del 50% y 75% no incrementaron significativamente la inhibición del hongo, lo que quiere decir que a partir de una concentración del 50% no aumenta su efecto antifúngico. Esto coincide con las investigaciones de Rueda et al. (2018) y Gañán et al. (2015), quienes destacan que la eficacia antifúngica también depende no solo de la concentración, sino también de la composición específica del propóleo ya sea variando según su origen o método de extracción.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logro el aislamiento e identificación del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) a partir de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) que presentaban síntomas de pudrición poscosecha, este aislamiento aseguro la identificación del patógeno específico para las inoculaciones controladas y posteriores evaluaciones de los tratamientos con propóleo, estableciendo la base fundamental para la investigación.
- La determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) del propóleo permitió identificar que la concentración al 50% es necesaria para inhibir el crecimiento del patógeno asegurando así un control efectivo con menor cantidad de propóleo, lo que ayuda a contribuir a un buen manejo poscosecha más sostenible con el medio ambiente.
- Las concentraciones de 50% y 75% mostraron una capacidad inhibitoria para controlar la pudrición del tomate de árbol en la poscosecha, ya que fueron las más eficaces, logrando controlar el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*) a lo largo del periodo de evaluación, en comparación con la concentración del 25%.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar concentraciones intermedias al que se utilizó en esta investigación para así poder establecer con mayor precisión la concentración mínima inhibitoria (CMI) en condiciones in vitro.
- Se recomienda investigar diferentes formas de formulación del propóleo que optimicen su adherencia a la superficie del tomate de árbol. Mejorar la adherencia del extracto, podría incrementar su efectividad y prolongar la acción protectora en condiciones poscosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahangari, Z., Naseri, M., & Vatandoost, F. (2018). Propóleo: Composición química y sus aplicaciones en endodoncia. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3), 285. <https://doi.org/10.22037/IEJ.V13I3.20994>
- Alegría Saldarriaga-Cardona, P., Castaño-Zapata, J., Arango-Isaza, R., Resumen Saldarriaga-Cardona, B., Castaño Zapata, J., & Arango, R. (2008). Caracterización del agente causante de la antracnosis en tomate de árbol, manzano y mora. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 32(123), 145–156. [https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.32\(123\).2008.2259](https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.32(123).2008.2259)
- Atoche-Paico, C. (2021). *Extractos de residuos agroindustriales de Citrus spp.sobre el control de antracnosis en frutos poscosecha*.
- Bankova, V., Popova, M., & Trusheva, B. (2014). Compuestos volátiles del propóleo: Diversidad química y actividad biológica: Una revisión. *Chemistry Central Journal*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-28>
- Barrientos, B. S., Marín, J., & Luz. (2021). *Introducción a metodologías de extracción de compuestos bioactivos del propóleo En el marco del proyecto “ Generación de valor agregado de propóleos , en la cadena productiva Apícola Antioqueña ” Proyecto 1216-805-63102 Ejecutado por la Universidad CES y*.
- Calvo, I. (2009). Cultivo De Tomate De Árbol (Cyphomandra betaceae). *Sector Agropecuario*, 8(8), 1–6. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0982.pdf>
- Campo, Y., Muñoz, Y., Lopez, A., Contreras-Velásquez, J., Martínez, M., & Bermúdez, V. (2018). Evaluación de la capacidad antifúngica de los extractos etanólicos de propóleo ante la antracnosis en tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.). *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 35(4), 435–462. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27287>
- Campos Montiel, R. G., Hernández Martínez, J. A., Peláez Acero, A., Hernández Soto, I., Reyes Munguía, A., & González Montiel, L. (2023). Tecnologías sustentables (microondas, ultrasonido y CO2 supercrítico) para extracción de compuestos bioactivos en propóleo. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 9, 20–25. <https://doi.org/10.29057/icap.v9iespecial.9260>
- Castro-Quezada, P., Bravo-Zúñiga, C., Cabrera-Cabrera, A., Quillay-Curay, N., Montoya, M. R., Belesaca-Morocho, I., & Díaz-Granda, L. (2019). Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 1–15. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/579>
- Castro-Quezada, P., Bravo-Zúñiga, C., Cabrera-Cabrera, A., Quillay-Curay, N., Ramón-Montoya, M., Belasaca -Morocho, I., & Díaz -Granda, L. (2019). Caracterización morfológica y molecular del agente causal de la antracnosis en tomate de árbol en Azuay y Loja. *Revista de La Academia Colombia de Ciencias Eactas, Físicas y Naturales*, 9(1), 1–15. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/579/521>

- Cedeño-cruzati, E. V., & Párraga-alava, R. C. (2022). DOI 10.35381/cm.v7i3.626. VIII, 68–91. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.626>
- Celoto, M. I. B., Papa, M. de F. S., do Sacramento, L. V. S., & Celoto, F. J. (2008). Actividad antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 30(1), 1–5. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1104>
- Crespo Cordero, M. R., Almendras Gutierrez, C. A., Calcina Mamani, S., Adler, M., & Benitez-Vieyra, S. (2024). Aproximaciones a la red de interacción entre abejas nocturnas y plantas con flores de Potrerillos de Güendá (Santa Cruz, Bolivia). *Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 22(29), 195–204. <https://doi.org/10.56469/rcti.v22i29.950>
- Cuantin Ruano, A. S. (2022). *Evaluación de propóleo frente al hongo (colletotrichum spp.) en tomate de árbol (solanum betaceum cav.) en fase IN-VITRO*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/42683>
- Cuatin, A. (2022). Evaluación de propóleo frente al hongo (*Colletotrichum* spp.) en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en fase in-vitro. *Economía*, 1–41.
- Estrella, M. Á. E., Abad, C., Ibarra, R. A. T., & Morocho, J. C. I. (2020). Formulación y evaluación de una pulpa mixta de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y naranjilla (*Solanum quitoense* L), con conservación química y térmica, en la parroquia Santa Rosa, Cantón El Chaco, Provincia de Napo. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, 9(2), 30–42. <https://doi.org/10.59410/RACYT-V09N02EP03-0131>
- FAO. (1978). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles*. Tecnología Postcosecha. <https://www.fao.org/4/x5055s/x5055S02.htm#Plagas y enfermedades>
- Ferreira, J. M., & Negri, G. (2018). Composición química y actividad biológica del propóleo brasileño: verde y rojo. *ACTA Apicola Brasilica*, 6(1), 06–15. <https://doi.org/10.18378/aab.v6i1.4962>
- Fiallos, J. (2017). Determinación de la correlación entre Métodos Visuales, Ópticos y Difusión en placa en el Crecimiento de *Escherichia coli*. In *BMC Public Health* (Vol. 5, Issue 1). <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P>
- Figueroa, C. (2014). *Análisis de la calidad y actividad antiinflamatoria tópica in-vitro de propóleos de la región metropolitana. I*.
- Gañán, L., Álvarez, E., & Castaño, J. (2015). Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 339–347. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.192>
- Gañán, L., Álvarez, E., & Zapata, J. C. (2015). Identificación genética de aislamientos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en frutos de aguacate, banano, mango y tomate de árbol. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39(152), 339–347. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.192>

- García, J. A. L., Conesa, J. G., Flores, V. J. A., Córdova, M. G. D. G., Santos, R. T. de los, Castillo, H. L., Vázquez, M. U., Pérez, B. R., López, L. C. C., García, J. A. L., Conesa, J. G., Flores, V. J. A., Córdova, M. G. D. G., Santos, R. T. de los, Castillo, H. L., Vázquez, M. U., Pérez, B. R., & López, L. C. C. (2024). *El propóleo de abeja como alternativa biológica para controlar los hongos en el cultivo del limón*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.1006570>
- Hernández, L., Ospina, E., & Ortega, J. (1998). *Antracnosis en tomate de árbol (Colletotrichum gloeosporioides Penz) avances en aspectos epidemiológicos*.
- Iguasnia, A. (2020). *Técnicas utilizadas para la conservación de frutas y vegetales mediante biopelículas a partir de matrices poliméricas naturales*. 2507(February), 1–9.
- Joseph, K. K., Elias, N. K. S., & Benjamin, K. B. (2020). Morphological and molecular characterisation of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) isolates obtained from *Dioscorea rotundata* (Poir). *African Journal of Biotechnology*, 19(5), 231–239. <https://doi.org/10.5897/ajb2020.17116>
- Kim, Y. K., Liu, Z. M., Li, D., & Kolattukudy, P. E. (2000). Dos nuevos genes inducidos por el contacto de superficies duras de conidios de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Journal of Bacteriology*, 182(17), 4688. <https://doi.org/10.1128/JB.182.17.4688-4695.2000>
- Landero-Valenzuela, N., Lara-Viveros, F. M., Andrade-Hoyos, P., Aguilar-Pérez, L. A., Aguado Rodríguez, G. J., Landero-Valenzuela, N., Lara-Viveros, F. M., Andrade-Hoyos, P., Aguilar-Pérez, L. A., & Aguado Rodríguez, G. J. (2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1189–1198. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000501189&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Marcial Acosta, L., Martínez Salinas, A., León Ruíz, J., Suárez Tapia, A., Viera Arroyo*, W., Marcial Acosta, L., Martínez Salinas, A., León Ruíz, J., Suárez Tapia, A., & Viera Arroyo*, W. (2023). Desarrollo del fruto en cultivares de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Perfiles*, 1(29), 30–39. <https://doi.org/10.47187/PERF.V1I29.200>
- MDRyt. (2010). Etapas fenológicas del cultivo de tomate. *Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras*, 2010. <https://www.ruralytierras.gob.bo/compendio2012/files/assets/downloads/page0134.pdf>
- Meneses, E. A., Durango, D. L., & García, C. M. (2009). Actividad antifúngica contra hongos poscosecha de extractos de propóleos colombianos. *Química Nova*, 32(8), 2011–2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800006>
- Morales, N., Cvlac, R., & Cardona-Castro Cvlac, N. (2018). Métodos de diagnóstico en micología Diagnostic methods in mycology. *Rev CES Med*, 32(1), 41–52. <http://www.scielo.org.co/pdf/cesm/v32n1/0120-8705-cesm-32-01-00041.pdf>
- Moreno Pérez, P., Gamboa Angulo, M., Heredia, G., Canto Canché, B., Rodríguez García, C. M., Medina Baizabal, I. L., & Peraza Echeverría, L. (2016). Evaluación antimicrobiana de extractos obtenidos de micromicetos tropicales contra fitopatógenos. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 85(all), 7–14. <https://doi.org/10.32604/PHYTON.2016.85.007>

- Mulkay-Vitón, T., Paumier-Jiménez, A., & González-Vasallo, J. (2016). Efecto de extractos de propóleos en la calidad poscosecha del mango Super Haden. *Fitosanidad*, 20, 5–11.
- Nte Inen 1909-2 | PDF | Tomate | Dureza. (n.d.). Retrieved June 13, 2025, from <https://es.scribd.com/document/467143618/nte-inen-1909-2>
- Oryan, A., Alemzadeh, E., & Moshiri, A. (2018). Papel potencial del propóleo en la cicatrización de heridas: Propiedades biológicas y actividades terapéuticas. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 98, 469–483. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPHA.2017.12.069>
- Pineda, J., Principal, J., Barrios, C., Milla, D., Solano, Y., & Gil, E. (2010). Propiedad fungistática in vitro de propóleos sobre tres aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Zootecnia Tropical*, 28(1), 83–91. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Quilo Inlago, N. R. (2016). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible con extracto de propóleos como agente anti fúngico, en la conservación de fragaria vesca (frutilla)*. 54. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5315/1/03_EIA_407_TESIS_DE_GRADO.pdf
- Ramanauskiene, K., Inkeniene, A. M., Petrikaite, V., & Briedis, V. (2013). Total phenolic content and antimicrobial activity of different lithuanian propolis solutions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/842985>
- Rueda, A., Echeverri, F., Torres, F., Gallego, A., Quiñones, W., & Lobo, M. (2018). Perfil químico y microbiológico del tomate de árbol (*Cyphomandra* spp.) y su papel contra *Colletotrichum gloeosporioides* Penz agente causal de la antracnosis. *Actualidades Biológicas*, 27(1), 6. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.331571>
- Russo, A., Longo, R., & Vanella, A. (2002). Actividad antioxidante del propóleo: papel del éster fenético del ácido cafeico y la galangina. *Fitoterapia*, 73(SUPPL. 1). [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00187-9](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00187-9)
- Sánchez, A. (2023). *Tomate de árbol en ecuador*. 0–3.
- Sosa-López, Á. A., Cabrera, M. G., & Álvarez, M. Y. (2016). Vegetación de origen como parámetro de caracterización microbiana de los propóleos. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(1), 3–23. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040100003>
- Steve Hatfield-Dodds, R. N. and D. C. (2007). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* cav). *AgEcon Search*, 18. file:///F:/Spec 2/Traffic Delay Model.pdf
- Torres, J., León, J., & Chota, G. (2017, June). *Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de hojas de Luma chequen (Molina) A. Gray □arrayán□ frente a patógenos de origen clínico*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562017000100004
- Trinidad, E., & Calderón, M. (2017). Identification and characterization of *Colletotrichum* spp. causing anthracnose in avocado Nayarit, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3953–3964.
- Unique, A. (2016). *Composición mineral del propóleo y su comportamiento*. 0, 1–23.

- Vinet, L., & Zhedanov, A. (2011). A “missing” family of classical orthogonal polynomials. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), 1–14.
<https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Zavaleta-Rengifo, A., Lozano-Lévano, C., Villaseca-Robertson, A., & Biotempo, R. (2022). Evaluación microbiológica de la vida útil de néctar de durazno con propóleo como conservante natural. *BIOTEMPO*, 19(2), 177–184.
<https://doi.org/10.31381/BIOTEMPO.V19I2.4843>

ANEXOS

Figura 9

*Desinfección del tomate de árbol con presencia del hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*)*



Figura 10

*Aislamiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides**

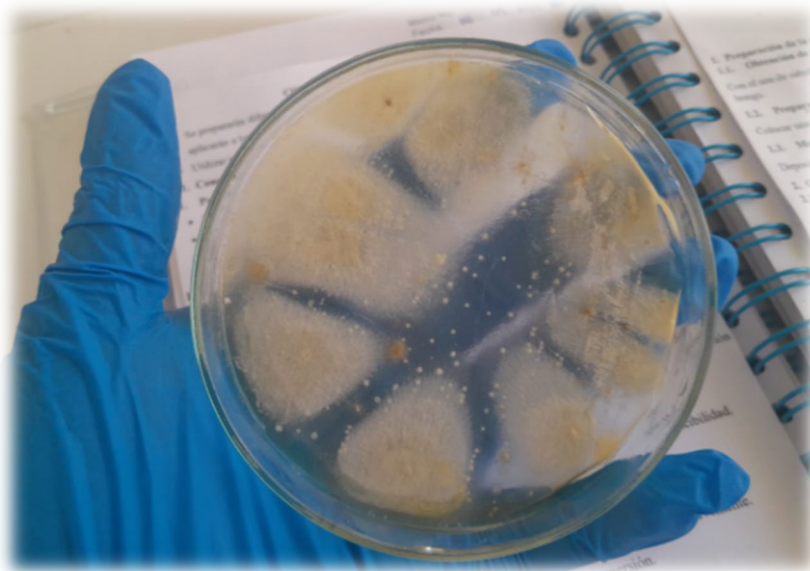


Figura 11

Escala McFarland baja y alta

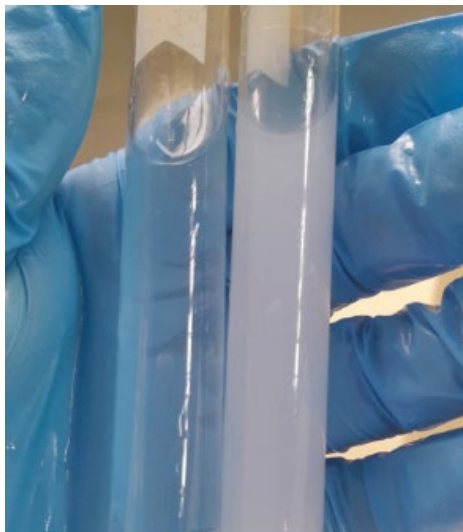


Figura 12

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) del Propóleo

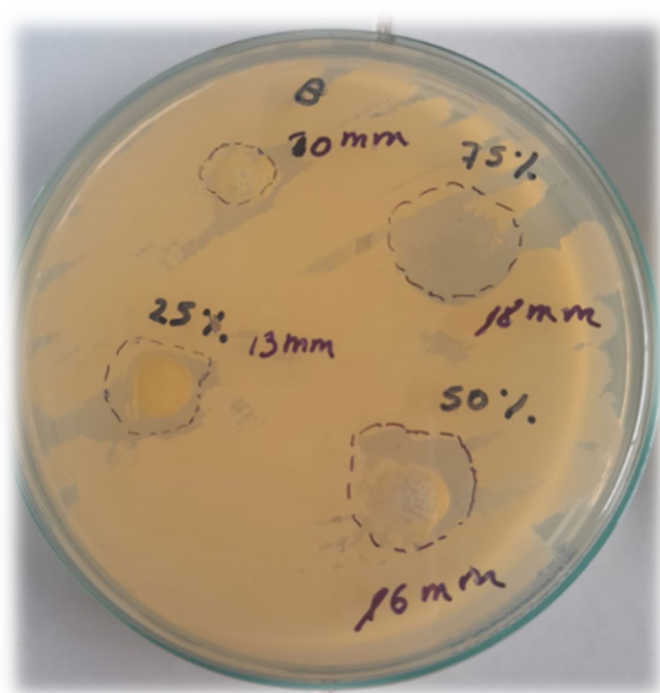


Figura 13

Concentraciones de propóleo

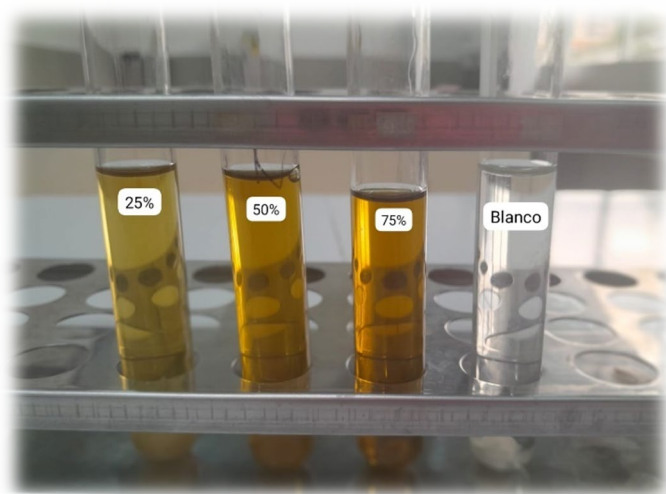


Figura 14

Implementación de condiciones poscosecha que simularon un sistema de almacenamiento



Figura 15

Frascos para analizar el método de rociado por spray
















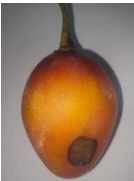
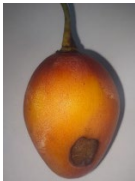
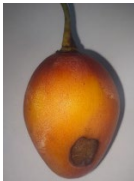
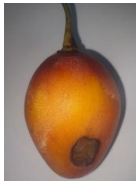
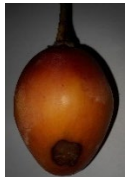
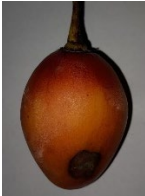


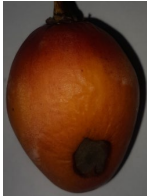
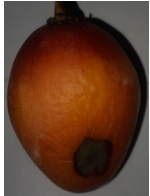



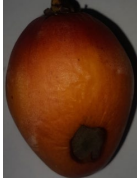



Figura 16

Evaluación del efecto antifúngico con extracto de propóleo aplicado en el Tomate de árbol



Tabla 12
Escala McFarland baja

| Concentración del 25% | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |
| Concentración del 50% | | | | |
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |






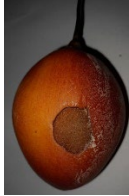
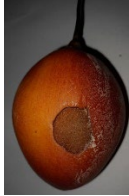

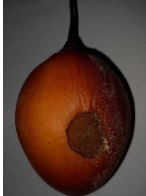




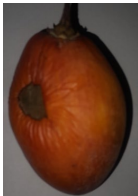




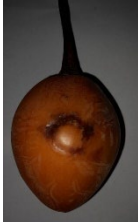



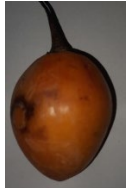

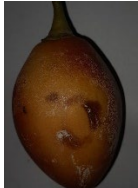
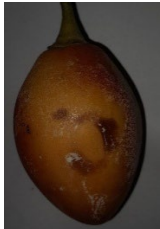




| Concentración del 75% | | | | |
|--|--|--|---|--|
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |

Tabla 13
Escala McFarland alta

| Concentración del 25% | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |




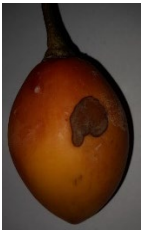



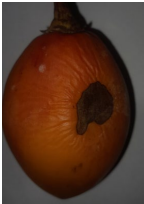
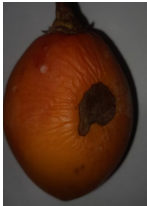



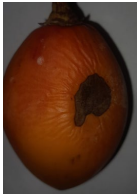







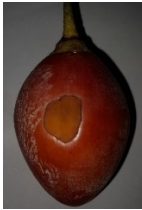



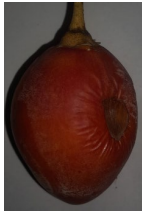



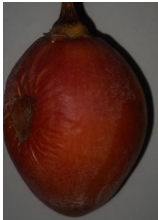

| Concentración del 50% | | | | |
|---|---|---|--|---|
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |
| Concentración del 75% | | | | |
| Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 |
|  |  |  |  |  |
| Día 6 | Día 7 | Día 8 | Día 9 | Día 10 |
|  |  |  |  |  |
| Día 11 | Día 12 | Día 13 | Día 14 | Día 15 |
|  |  |  |  |  |

Tabla 14*Medición de la temperatura y humedad durante 15 días*

| Días | Temperatura | Humedad |
|-------------|--------------------|----------------|
| 1 | 20,2 °C | 49% |
| 2 | 16,7 °C | 59% |
| 3 | 19,4 °C | 50% |
| 4 | 23,5 °C | 42% |
| 5 | 18,0 °C | 57% |
| 6 | 16,5 °C | 58% |
| 7 | 16,3 °C | 58% |
| 8 | 21,1 °C | 47% |
| 9 | 22,9 °C | 46% |
| 10 | 24,4 °C | 41% |
| 11 | 24,5 °C | 38% |
| 12 | 23,5 °C | 42% |
| 13 | 19,2 °C | 48% |
| 14 | 19,4 °C | 50% |
| 15 | 23,6 °C | 51 % |