



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

“Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO
AGRÓNOMO

AUTOR:

César Alfredo Apo Cunalata

TUTOR:

Ing. Michel Leiva Mora Dr.

Enero-2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema:

“Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke” del alumno César Alfredo Apo Cunalata, estudiante de la carrera de Agronomía, considero que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo, ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designados por el H. Consejo Directivo de la Facultad.

Cevallos, enero 2026



Ing. Michel Leiva Mora Dr. C.
C.C.: 1759139627

TUTOR

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, **CÉSAR ALFREDO APO CUNALATA**, portador de cédula de ciudadanía número: **1805205950**, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

Cevallos, enero de 2026



César Alfredo Apo Cunalata
C.C.: 1805205950

AUTOR

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

Cevallos, enero de 2026



César Alfredo Apo Cunalata
C.C.: 1805205950

AUTOR

TRIBUNAL DL GRADO

Los miembros de Tribunal de Grado del Trabajo de Titulación, "**Evaluación de la actividad antifúngica *in vitro* de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke**" de **Apo Cunalata César Alfredo**, estudiante de la carrera de Agronomía, de la Facultad Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el título terminal de Tercer Nivel de la Univesidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado.

Cevallos, enero de 2026



Ing. Leiva Mora Michel, PhD.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACION

Para constancia firman:



Ing. Pomboza Timaquiza Pedro Pablo, PhD.
PRESIDENTE



Ing. Bustillos Ortiz Alcides Alberto, PhD.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Artieda Rojas Jorge Rodrigo, PhD.
MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Titulación a mis amados abuelitos, Luz Bimos y Segundo Cunalata, quienes con todo su corazón anhelaban verme graduado. Sé que desde el cielo me sonríen, y este logro es el símbolo más grande de recompensa por los valores y el inmenso amor de padre y madre que siempre me brindaron. A mis padres, América Cunalata y César Apo: Por el esfuerzo incansable, por su sacrificio silencioso y por todo lo que me han enseñado y compartido en cada paso de mi vida. Queridos padres, gracias infinitas por darme todo, por la educación, amor y los valores que me inculcaron desde niño y que son fundamentales para llegar hasta esta meta. No los he defraudado, a pesar de los tropiezos. Gracias por esa fuerza constante que me recordaba la necesidad de seguir avanzando. A mi Hermana Karina Apo, recuerdo cuando de niños eras mi primera gran maestra. Tu ayuda incondicional y esa paciencia infinita que me has brindado desde el jardín hasta hoy, son también frutos de mis metas, gracias por ser un pilar fundamental en este camino.

A mis amigos, aunque son muchos con quienes compartí risas y desvelos a lo largo de la carrera, a todos y cada uno les doy las gracias por las anécdotas vividas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y la fuente de fortaleza que me ha permitido alcanzar esta meta profesional. Extiendo mi gratitud a mi familia, cuyo apoyo incondicional ha constituido el pilar esencial de mi formación. A mis amigos, por su compañerismo y el aliento brindado a lo largo de esta etapa universitaria. A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, agradezco la transmisión de sus conocimientos técnicos, sus orientaciones profesionales y las valiosas lecciones de vida que contribuyeron significativamente a mi desarrollo académico y personal.

Manifiesto un especial reconocimiento a mi tutor, el PhD. Michel Leiva Mora, por la dedicación con que compartió sus conocimientos durante la elaboración de este trabajo. De igual manera, al PhD. Orestes López, por su paciencia, disposición y amabilidad en el acompañamiento del ensayo de Microencapsulación. Expreso también mi agradecimiento a la Mg. María Daniela Garcés, por su profesionalismo, carisma y colaboración al proporcionarnos el reactivo de resazurina, insumo fundamental para la evaluación de este trabajo.

Finalmente, agradezco al apoyo brindado por el proyecto de investigación DIDE: *“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE ACEITES ESENCIALES MICROENCAPSULADOS MEDIANTE MÉTODOS DE DILUCIÓN EN ÁGAR Y RESAZURINA”*, coordinado por el PhD. Michel Leiva Mora y aprobado mediante Resolución Nro. UTA-CONIN-2025-0046-R.

ÍNDICE DE GENERAL

PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	III
DERECHO DE AUTOR.....	IV
TRIBUNAL DL GRADO	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes investigativos	4
1.2 Categorías fundamentales	6
1.2.1 Cultivo de tomate	6
1.2.2 Identificación, morfología y taxonomía de <i>Cladosporium fulvum</i>	7
1.2.3 Aceites esenciales: alternativa sostenible.....	8
1.2.4 Composición y propiedades antifúngicas del aceite esencial de albahaca...	9
1.2.5 Composición y propiedades antifúngicas del aceite esencial de geranio.....	9
1.2.6 Microencapsulación por el método secado por aspersión.....	9
1.2.7 Problemas asociados al uso de fungicidas químicos.....	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	11
2.1 Ubicación del estudio	11
2.1.1 Caracterización del lugar.....	11
2.2 Equipos y materiales	11
2.2.1 Equipos.....	11
2.2.2 Materiales	11
2.2.3 Reactivos	12
2.2.4 Material de oficina	12
2.3 Tipo de investigación	13
2.4 Hipótesis.....	13
2.5 Variables de respuesta.....	13
2.6 Diseño experimental.....	13
2.7 Factores de estudio	14
2.7.1 Factor 1:	14
2.7.2 Factor 2:	14
Método de evaluación	14
2.7.3 Factor 3.....	14
Concentración del aceite esencial microencapsulado	14
2.8 Tratamientos.....	14
2.9 Manejo del experimento.....	18
2.9.1 Microencapsulación de los aceites esenciales mediante secado por aspersión.....	18

2.9.2	Evaluación de la eficiencia de microencapsulación mediante Espectroscopia de Infrarrojos por Transformada de Fourier (FT-IR).....	18
2.9.3	Evaluación del efecto antifúngico del microencapsulado de los aceites esenciales sobre el crecimiento micelial de <i>C. fulvum</i>	18
2.9.4	Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MCI) mediante Alamar Blue en placas multipocillos	19
2.10	Recolección de la información.....	19
2.11	Procesamiento de la información y análisis estadístico	19
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
3.1	Resultado del primer objetivo específico.....	21
3.1.1	Evaluación <i>in vitro</i> de la capacidad antifúngica de los aceites esenciales de albahaca.....	21
3.1.2	Evaluación <i>in vitro</i> de la capacidad antifúngica de los aceites esenciales de geranio.....	22
3.2	Resultado del segundo objetivo específico.	29
3.2.1	Determinación de la concentración mínima inhibitoria del aceite esencian microencapsulado de albahaca frente a <i>C. fulvum</i> por el método de microdilución más Alamar Blue.....	29
3.2.2	Determinación de la concentración mínima inhibitoria del aceite esencian microencapsulado de geranio frente a <i>C. fulvum</i> por el método de microdilución más Alamar Blue.....	30
3.3	Comprobación de la hipótesis	31
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		33
4.1	Conclusiones	33
4.2	Recomendaciones.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		35
ANEXOS		38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Taxonomía de Solanum lycopersicum</i>	7
Tabla 2. <i>Taxonomía de Cladosporium fulvum cooke</i>	8
Tabla 3. <i>Diseño para los tratamientos y controles de A.E.M de albahaca</i>	14
Tabla 4. <i>Diseño para los tratamientos y controles de A.E.M de geranio</i>	15
Tabla 5. <i>Diseño de tratamientos de microdilución en placas multipocillos de A.E.M para albahaca</i>	16
Tabla 6. <i>Diseño de tratamientos de microdilución en placas multipocillos de A.E.M para geranio</i>	17
Tabla 7. <i>Efecto de las concentraciones de aceite esencial microencapsulado de albahaca sobre el diámetro de las colonias de C. fulvum y el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial a los 21 días</i>	21
Tabla 8. <i>Efecto de las concentraciones de aceite esencial microencapsulado de geranio sobre el diámetro de las colonias de C. fulvum y el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial a los 21 días</i>	22
Tabla 9. <i>Influencia de diferentes concentraciones de A.E.M de albahaca sobre la absorbancia a 600 nm en ensayo de microdilución en placas de 96 multipocillos utilizando el Alamar Blue a las 24 horas</i>	29
Tabla 10. <i>Influencia de diferentes concentraciones de A.E.M de geranio sobre la absorbancia a 600 nm en ensayo de microdilución en placas de 96 multipocillos utilizando el Alamar Blue a las 24 horas</i>	30

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** *Crecimiento micelial Cladosporium de fulvum en medio pda más A.E.M de albahaca en distintas concentraciones. La primera columna indica los días de evaluación (7, 14 y 21 días). Las columnas A1C1–A1C6 representan las concentraciones evaluadas del A.E.M ordenadas de menor a mayor (0.625%, 1.25%, 2.5%, 5%, 10% y 15%). Las imágenes muestran la variación en el crecimiento micelial en respuesta a cada tratamiento a lo largo del tiempo. En la fila inferior se presentan los controles: control 1 (control negativo), control 2 (control positivo) . Esta figura evidencia visualmente el efecto inhibitorio progresivo A.E.M sobre el desarrollo de C. fulvum. 25*
- Figura 2.** *Crecimiento micelial de Cladosporium fulvum en medio pda más A.E.M de geranio en distintas concentraciones. La primera columna indica los días de evaluación (7, 14 y 21 días),). Las columnas A1C1–A1C6 representan las concentraciones evaluadas del A.E.M ordenadas de menor a mayor (0.625%, 1.25%, 2.5%, 5%, 10% y 15%). Las imágenes muestran la variación en el crecimiento micelial en respuesta a cada tratamiento a lo largo del tiempo. En la fila inferior se presentan los controles: control 1 (control negativo), control 2 (control positivo) . Esta figura evidencia visualmente el efecto inhibitorio progresivo del aceite A.E.M sobre el desarrollo de C. fulvum. 27*

RESUMEN

La enfermedad foliar del tomate causada por el hongo fitopatógeno *Cladosporium fulvum* Cooke constituye un problema fitopatológico de alto impacto, especialmente en sistemas de producción bajo invernadero, donde la humedad favorece su desarrollo. Tanto a nivel global como en Ecuador, su control se ha basado tradicionalmente en la aplicación de fungicidas químicos, contribuyendo al uso recurrente de estos productos generando resistencia en el patógeno, incremento de los costos de producción, riesgos ambientales y afectaciones a la salud humana y animal, esta situación evidencia la necesidad de implementar alternativas sostenibles para el manejo de enfermedades foliares. Entre dichas alternativas destacan los aceites esenciales (A.E), ampliamente reportados por su actividad antifúngica. Sin embargo, su volatilidad y limitada estabilidad en medios acuosos restringen su aplicación directa. Frente a ello, este estudio evaluó la eficacia de aceites esenciales microencapsulados (A.E.M) de albahaca y geranio, obtenidos mediante secado por aspersión empleando una mezcla polimérica compuesta por 20% de A.E puro y 80% de maltodextrina y goma arábiga. La actividad antifúngica se determinó mediante la inhibición del crecimiento micelial (ICM) en medio PDA y la concentración mínima inhibitoria (MCI) a través del método de microdilución en PDB utilizando Alamar Blue como indicador de viabilidad. Los resultados demostraron que ambos A.E.M presentaron alta eficacia: el A.E.M de albahaca inhibió totalmente el crecimiento de *C. fulvum* a partir de 2,5%, mientras que el A.E.M de geranio alcanzó el 100% de inhibición desde 1,25%. El método de microdilución con Alamar Blue presentó limitaciones debido a la interferencia por turbidez y separación de fases del microencapsulado. En conjunto, los resultados evidencian que los aceites esenciales microencapsulados representan una alternativa ecológica, eficiente y prometedora para el manejo sostenible del moho gris en el cultivo del tomate.

PALABRAS CLAVE: ACEITES ESENCIALES, ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA, ALAMAR BLUE, *CLADOSPORIUM*, MICROENCAPSULACIÓN

ABSTRACT

Tomato leaf disease caused by the phytopathogenic fungus *Cladosporium fulvum* Cooke is a high-impact phytopathological problem, especially in greenhouse production systems, where humidity favors its development. Both globally and in Ecuador, its control has traditionally been based on the application of chemical fungicides, contributing to the recurrent use of these products, generating resistance in the pathogen, increasing production costs, environmental risks, and affecting human and animal health. This situation highlights the need to implement sustainable alternatives for the management of leaf diseases. Among these alternatives, essential oils (EO) stand out, widely reported for their antifungal activity. However, their volatility and limited stability in aqueous media restrict their direct application. In response to this, this study evaluated the efficacy of microencapsulated essential oils (MEO) of basil and geranium, obtained by spray drying using a polymer mixture composed of 20% pure EO and 80% maltodextrin and gum arabic. Antifungal activity was determined by mycelial growth inhibition (MGI) in PDA medium and minimum inhibitory concentration (MIC) using the microdilution method in PDB with Alamar Blue as a viability indicator. The results showed that both A.E.Ms were highly effective: basil A.E.M completely inhibited the growth of *C. fulvum* at 2.5%, while geranium A.E.M achieved 100% inhibition at 1.25%. The Alamar Blue microdilution method presented limitations due to interference from turbidity and phase separation of the microencapsulation. Overall, the results show that microencapsulated essential oils represent an ecological, efficient, and promising alternative for the sustainable management of gray mold in tomato cultivation.

KEYWORDS: ANTIFUNGAL ACTIVITY, ALAMAR BLUE, *CLADOSPORIUM*.



Memorando Nro. UTA-FCAGP-2026-0219-M

Ambato, 27 de enero de 2026

PARA: Ing. Viviana Magally Ortega Lema
Bibliotecaria - FCAGP

ASUNTO: Solicitud de reserva de colocar en repositorio trabajos de titulación cuyos resultados serán sometidos a solicitud de patente

De mi consideración:

En atención al Memorando UTA-UI-FCAGP-2025-0398-M, emitido al suscrito por el Doctor Michel Leiva Mora, docente investigador - DIDE asignado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, quien solicita que los siguientes trabajos de titulación se mantengan sin subir al repositorio institucional, toda vez que se encuentran actualmente en reserva por motivo de trámite de futura patente:

1. Evaluación de la actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales microencapsulados frente a *Cladosporium fulvum* Cooke – estudiante APO CUNALATA CESAR ALFREDO.
2. Evaluación de la actividad antifúngica in vitro de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon* (L.) Osbeck) y cedrón (*Aloysia citrodora* P.) sobre *Cladosporium fulvum* Cooke – estudiante ABRAJAN TASINCHANA KARINA ELIZABETH.
3. Evaluación in vitro del efecto antifúngico de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y cúrcuma (*Curcuma longa* L.) contra *Cladosporium fulvum* Cooke – estudiante TOAPANTA QUISAGUANO PABLO GILMAR.

En este sentido, el suscrito autoriza atender la solicitud del Doctor Leiva, y que los trabajos mencionados no sean subidos al repositorio institucional.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Dr. Pedro Pablo Pomboza Tamaquiza
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Referencias:
- UTA-UI-FCAGP-2025-0398-M

Copia:

Dr. Michel Leiva Mora
Docente Investigador - DIDE



a la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Firmado electrónicamente por:
PEDRO PABLO POMBOZA TAMAQUIZA
Validar únicamente con FirmaEC

wo

