



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras distribuir, combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial y, a pesar que son nuevas obras deben siempre rendir crédito y ser no comerciales, no están obligadas a licenciar sus obras derivadas bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>



AT 2026-FFBB-024

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título de **Informe final de tesis** es:

Evaluación fitoquímica y actividad antifúngica *in vitro* del extracto etanólico de las hojas, flores y frutos de *Lantana Camara L.* frente a *Fusarium sp.*

Presentado por:

MUÑANTE LOVERA TAMARA GERALDINE


Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de **FARMACIA Y BIOQUÍMICA**. El resultado obtenido es 1% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Con Código de Matricula: 20182125

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 27 de febrero de 2026


.....
Dr. PEÑA GALINDO JULIO JOSE
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Farmacia y Bioquímica



Evaluación fitoquímica y actividad antifúngica *in vitro* del extracto etanólico de las hojas, flores y frutos de *Lantana Camara* L. frente a *Fusarium* sp.

Línea de investigación
Salud Pública y Conservación del Medio Ambiente

INFORME FINAL DE TESIS

AUTOR

BACH. MUÑANTE LOVERA TAMARA GERALDINE

Ica, Perú

2025

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme, cuidarme y darme la fuerza necesaria para llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional.

A mis padres, José Américo y Rosario Isabel, por su amor incondicional y por enseñarme, con su ejemplo, el valor del esfuerzo y la perseverancia. Todo lo que soy y cada logro alcanzado se los debo a ustedes. Gracias por creer siempre en mí y por acompañarme siempre con su amor infinito.

A mis hermanos, José Abel y María de Fátima, por su cariño, paciencia y por estar siempre a mi lado, animándome a seguir adelante y a no rendirme nunca.

A mis abuelos Victoria y José, por su ternura, consejos y compañía, y a mis abuelos Nora y Víctor, que desde el cielo me acompañan, me cuidan y me guían con su luz. Los llevo siempre en mi corazón y en cada paso que doy.

Este gran logro es de todos ustedes, que me apoyaron, creyeron en mí y me inspiraron a seguir creciendo. Gracias, de todo corazón, por formar parte de esta etapa tan especial de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincera gratitud a la Dra. Q.F. Santos Haydee Chávez Orellana y al Blgo. Alex de Jesús Bendezú Ramos, por su guía constante, paciencia y generosa disposición para compartir sus conocimientos. Su acompañamiento, tanto académico como personal, fueron esenciales para fortalecer mi aprendizaje y culminar con éxito este trabajo académico.

A la Asociación Científica de Investigación Farmacéutica (ACIF), espacio que me permitió crecer, aprender y compartir experiencias inolvidables. Ser parte de esta familia académica ha sido una gran oportunidad para desarrollar mis habilidades y adquirir nuevos conocimientos.

A mis amigos, miembros de ACIF, aprecio profundamente cada momento que compartimos, especialmente las experiencias vividas en los laboratorios, donde el trabajo en equipo, el aprendizaje y la amistad se convirtieron en parte esencial de mi formación, gracias por su compañerismo, apoyo y dedicación.

A la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de desarrollarme tanto personal como profesionalmente.

A las autoridades y docentes de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, por su dedicación, compromiso y la valiosa formación académica y profesional que me brindaron, la cual ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
I.INTRODUCCIÓN	9
1.1. Descripción de la realidad problemática	10
1.2. Antecedentes de la investigación	11
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	13
1.4. Objetivos de la investigación	14
1.5. Marco teórico	15
II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	27
2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación.....	27
2.2. Lugar de la investigación	27
2.3. Materiales de trabajo	27
2.4. Hipótesis y variables	29
2.5. Población y muestra de la investigación	30
2.6. Técnicas y procedimientos de recolección de datos.....	30
2.7. Técnicas de procesamiento de la información	47
2.8. Aspectos éticos.....	47
III. RESULTADOS	48
IV. DISCUSIÓN	57
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
VIII. ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos utilizados en el proyecto	27
Tabla 2. Materiales utilizados en el proyecto	28
Tabla 3. Reactivos y materiales utilizados en el proyecto	29
Tabla 4. Resultados del screening fitoquímico para la identificación de grupos funcionales y metabolitos secundarios presentes en el extracto etanólico de los frutos de <i>Lantana camara</i> L	48
Tabla 5. Resultados del screening fitoquímico del extracto etanólico de flores de <i>Lantana camara</i> L.”	49
Tabla 6. Resultados del screening fitoquímico del extracto etanólico de hojas de <i>Lantana camara</i> L.”	50
Tabla 7. Evaluación del efecto inhibitor sobre el crecimiento micelial de <i>Fusarium sp.</i> frente a los controles y a los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas	50
Tabla 8. ICR (Inhibición del crecimiento radial) de <i>Fusarium sp.</i> por controles y extractos de flores, frutos y hojas en el día 5 de incubación.....	52
Tabla 9. Comparaciones múltiples de los tratamientos en el día 5 mediante la prueba de Dunn	53
Tabla 10. Escala de inhibición del crecimiento micelial (ICM) de <i>Fusarium sp.</i> frente a extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de <i>Lantana camara</i> L. en el ensayo preliminar de CMI.....	54
Tabla 11. Resultados finales de la inhibición del crecimiento micelial de <i>Fusarium sp.</i> para definir la CMI de los extractos etanólicos de <i>Lantana camara</i> L.....	55
Tabla 12. Promedio de conidias de <i>Fusarium sp.</i> en respuesta a extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de <i>Lantana camara</i> L. evaluados en diferentes concentraciones	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía de <i>Lantana camara</i> L. Procedencia: Caserío la Esperanza en el distrito la Tinguíña, provincia y departamento de Ica.....	15
Figura 2. Fotografía de flores y hojas de <i>Lantana camara</i> L.....	16
Figura 3. Fotografía de tallos y frutos de <i>Lantana camara</i> L.....	17
Figura 4. Filogenia de los hongos.....	20
Figura 5. Características morfológicas de <i>Fusarium sp</i>	22
Figura 6. Mecanismo de infección y propagación de <i>Fusarium sp.</i> en plantas hospedantes.....	23
Figura 7. Síntomas de la marchitez causada por <i>Fusarium sp</i>	24
Figura 8. Lugar de recolección de la muestra vegetal (Tinguíña- Ica)	30
Figura 9. Flujograma del screening fitoquímico de <i>Lantana camara</i> L.	36
Figura 10. Flujograma del proceso de replicación de la cepa madre fúngica.	38
Figura 11. Flujograma de la evaluación cualitativa - ICM (Inhibición del crecimiento micelial)	42
Figura 12. Flujograma de la evaluación cuantitativa – ICR (Inhibición del crecimiento radial)	45
Figura 13. Comparación del crecimiento radial de <i>Fusarium sp.</i> entre el día 3 y el día 5 para los distintos tratamientos	51
Figura 14. Comparación del crecimiento radial de <i>Fusarium sp.</i> en el día 5 mediante gráfico de cajas para los distintos tratamientos.....	53

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la actividad antifúngica de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. frente a *Fusarium sp.* Para ello, se realizó un análisis fitoquímico de los tres órganos vegetales y se determinaron sus efectos inhibitorios mediante ensayos *in vitro* que incluyeron: evaluación cualitativa del crecimiento micelial, medición del índice de crecimiento radial (ICR), determinación de la CMI (concentración mínima inhibitoria) y recuento de conidias. El screening fitoquímico evidenció la presencia de flavonoides, compuestos fenólicos, saponinas, leucoantocianidinas y triterpenos/esteroides en las tres partes de la planta, mientras que los frutos presentaron además cardenólidos y alcaloides. En los ensayos antifúngicos, el extracto de flores mostró la mayor actividad, alcanzando un 100 % de inhibición del crecimiento radial al 5 % y una CMI de 3.1 %. El extracto de frutos registró una inhibición del 76 % y una CMI de 5.2 %, evidenciando una actividad intermedia. El extracto de hojas fue el menos efectivo, logrando solo un 44 % de inhibición en el ensayo radial y, aun cuando su concentración se incrementó hasta el 8 % en la prueba de CMI, no alcanzó la inhibición total de *Fusarium sp.*

El recuento de conidias confirmó esta tendencia, mostrando una reducción en flores y frutos, pero no en hojas. En conclusión, los extractos de *Lantana camara* L., especialmente los de flores, demostraron una notable actividad antifúngica frente a *Fusarium sp.*, lo que respalda su potencial como alternativa natural y sostenible para el manejo de hongos fitopatógenos.

Palabras clave: *Fusarium sp.*, concentración mínima inhibitoria, índice de crecimiento radial, recuento de conidias.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the antifungal activity of ethanolic extracts of the flowers, fruits, and leaves of *Lantana camara* L. against *Fusarium sp.* To this end, a phytochemical analysis of the three plant parts was performed, and their inhibitory effects were determined using *in vitro* assays that included qualitative evaluation of mycelial growth, measurement of the radial growth index (RGI), determination of the MIC (minimum inhibitory concentration), and conidia counting. The phytochemical screening revealed the presence of flavonoids, phenolic compounds, saponins, leucoanthocyanidins, and triterpenes/steroids in all three parts of the plant, while the fruits also contained cardenolides and alkaloids. In the antifungal assays, the flower extract showed the greatest activity, achieving 100% inhibition of radial growth at 5% concentration and an MIC of 3.1%. The fruit extract showed 76% inhibition and a MIC of 5.2%, indicating intermediate activity. The leaf extract was the least effective, achieving only 44% inhibition in the radial assay, and even when its concentration was increased to 8% in the MIC test, it did not achieve total inhibition of *Fusarium sp.*

The conidia count confirmed this trend, showing a reduction in flowers and fruits, but not in leaves. In conclusion, *Lantana camara* L. extracts, especially those from flowers, demonstrated remarkable antifungal activity against *Fusarium sp.*, supporting their potential as a natural and sustainable alternative for managing phytopathogenic fungi.

Keywords: *Fusarium sp.*, minimum inhibitory concentration, radial growth index, conidia count.

I. INTRODUCCIÓN

Desde las primeras civilizaciones, las plantas con propiedades medicinales han sido ampliamente utilizadas como recurso fundamental para el cuidado de la salud, empleándose en la prevención y manejo de diversas afecciones. En el contexto actual, estos recursos vegetales siguen representando una fuente importante de compuestos bioactivos de origen natural, con aplicaciones relevantes tanto en los sistemas de medicina tradicional como en el desarrollo de productos de la industria farmacéutica moderna ⁽¹⁾. En muchas partes del mundo, los profesionales de la salud y el público afrontan cuestiones relacionadas con la eficacia, seguridad, preservación, calidad y disponibilidad de la medicina tradicional y complementaria. Su uso sigue siendo amplio en la mayoría de los países y crece rápidamente en los demás, lo que evidencia su importancia en los sistemas sanitarios contemporáneos ⁽²⁾. En este contexto, el Perú, reconocido como un país megadiverso en recursos de fauna y flora, posee una notable riqueza botánica que incluye una gran variedad de especies con propiedades medicinales ⁽¹⁾.

Las enfermedades que afectan a las plantas representan una seria amenaza para la agricultura a nivel mundial, al ocasionar importantes pérdidas en la producción y afectar la economía agrícola. Una gran parte de estas enfermedades son provocadas por hongos fitopatógenos, que reducen la calidad, el rendimiento y el crecimiento de los cultivos. En los últimos años, su incidencia ha aumentado considerablemente, convirtiéndose en un obstáculo para el desarrollo de una agricultura sostenible ⁽³⁾.

En la región de Ica, Perú, la situación resulta particularmente alarmante, ya que la agricultura representa una actividad fundamental para la economía regional y el sustento de muchas familias. En cultivos como la vid, el espárrago, los arándanos y otras especies agrícolas, existe un alto nivel de vulnerabilidad frente a los hongos fitopatógenos, lo que ha promovido un uso constante de pesticidas químicos para su control. Sin embargo, esta práctica ha generado efectos negativos sobre los recursos hídricos y la calidad del suelo, evidenciando la necesidad de aplicar estrategias de control fitosanitario ambientalmente sostenibles y acordes con las condiciones agroecológicas de la región ⁽⁴⁾.

Siendo una de las estrategias sostenibles el uso de extractos vegetales o compuestos naturales con actividad antifúngica o insecticida, se busca reducir el impacto ambiental ocasionado por el uso excesivo de pesticidas sintéticos.

Por consiguiente, la presente investigación tuvo como objetivo “evaluar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos etanólicos obtenidos a partir de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. frente a *Fusarium sp.*, además de determinar los metabolitos

secundarios presentes en dichos extractos”.

Esta investigación resulta relevante ya que proporciona una alternativa natural y sostenible para el control de hongos fitopatógenos en cultivos de valor económico, favoreciendo la sostenibilidad agrícola regional. Además, aporta información sobre los compuestos bioactivos en *Lantana camara* L., con potencial para el desarrollo futuro de productos fitosanitarios ecológicos que beneficien a los agricultores.

1.1. Descripción de la realidad problemática

El sector agrícola constituye un pilar esencial de la economía en la región de Ica, destacándose no solo por su generación de empleo, sino también por su relevante contribución a las exportaciones nacionales.

Según el Instituto Peruano de Economía (2025), el 92 % de la producción agrícola de Ica se destina a la agroexportación, mientras que solo el 8% se dirige al consumo interno. Así, la región aporta cerca del 21.3% del total de las exportaciones agrícolas del país, posicionándose como la segunda a nivel nacional, después de La Libertad ⁽⁵⁾.

De acuerdo con el MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego), la región de Ica ha consolidado su posición como una de las principales zonas agroexportadoras del país, al enviar más de 700 mil toneladas de productos hortofrutícolas entre los que destacan los arándanos, la uva, los cítricos, el espárrago, y la palta a 75 destinos internacionales. Este desempeño evidencia el alto nivel de competitividad y la relevancia del sector agrícola iqueño dentro del comercio exterior peruano ⁽⁶⁾.

Nuestra región Ica, sobresale por su amplio potencial agroexportador consolidándose como una de las zonas más competitivas del país ⁽⁶⁾. Sin embargo, este crecimiento constante también ha traído importantes retos fitosanitarios, debido a que la presencia de hongos fitopatógenos pone en riesgo tanto la productividad como la calidad de los cultivos. Entre estos patógenos, el género *Fusarium* destaca por su alta incidencia y capacidad de adaptación. Estas especies fitopatógenas desarrollan distintas estrategias de infección, iniciándose principalmente a partir del inóculo presente en el suelo, aunque también pueden propagarse por el aire o el agua. Además, algunas infectan directamente los tejidos o aprovechan heridas en la planta huésped. Como resultado, provocan enfermedades como marchitez vascular, podredumbre de tallos, corona o raíces afectando gravemente el rendimiento de los cultivos ⁽⁷⁾.

Frente a esta problemática, es fundamental fomentar prácticas fitosanitarias sostenibles que reduzcan el uso de pesticidas químicos y favorezcan la aplicación de

técnicas naturales y ecológicas, adecuadas a las características agroecológicas de Ica. En este sentido, *Lantana camara* L., perteneciente a la familia Verbenaceae y conocida comúnmente como salvia roja o salvia silvestre, constituye una especie de gran interés. Esta planta, originaria de América tropical, destaca por su amplia distribución y capacidad de adaptación a diferentes ambientes, desde zonas abiertas hasta terrenos agrícolas. Aunque en diversos países se le considera una maleza invasora, su presencia frecuente en la región evidencia su resistencia y adaptación a las condiciones climáticas de Ica, por lo que su estudio adquiere relevancia tanto en el ámbito científico como en el ambiental ⁽⁸⁾.

1.2. Antecedentes de la investigación

Antecedentes Internacionales

Ramírez *et al.* ⁽⁹⁾, en Ecuador, llevaron a cabo un estudio cuyo enfoque fue analizar la etnobotánica, composición fitoquímica y actividad biológica de los extractos y compuestos no volátiles de *Lantana camara* L. En su investigación, identificaron diversos metabolitos secundarios, entre ellos flavonoides, glucósidos de iridoides, fenilpropanoides y triterpenos, los cuales están asociados a sus propiedades farmacológicas. Los resultados evidenciaron que *Lantana camara* L. tiene un alto potencial medicinal debido a la amplia variedad de compuestos bioactivos presentes en sus diferentes órganos vegetales. Además, el estudio exploró la síntesis de derivados semisintéticos para potenciar la actividad biológica de los compuestos aislados. Se concluyó que los extractos de *Lantana camara* L. representan una fuente prometedora de compuestos bioactivos con aplicaciones terapéuticas potenciales.

Marques *et al.* ⁽¹⁰⁾, en Brasil, llevaron a cabo un estudio para examinar la composición química de las flores de *Lantana camara* L. y evaluar sus propiedades biológicas, incluyendo actividad antioxidante y capacidad inhibitoria de la enzima acetilcolinesterasa (AChE). El análisis fitoquímico mediante LC-MS identificó 18 compuestos polifenólicos, destacando derivados de ácidos fenólicos, glucósidos de feniletilo y flavonoides. Por otro lado, el extracto metanólico de flores mostró una notable actividad antioxidante, alcanzando un 97,8% de inhibición del radical DPPH a una concentración de 0,25 mg/mL. Además, evaluaron la capacidad inhibitoria sobre la AChE tanto *in vitro* como *in silico*, donde el flavonoide isoverbascósido presentó una energía de afinidad de -9,9 kcal/mol con la enzima. Se concluye que hay una relación entre el contenido fitoquímico de *Lantana camara*, principalmente la presencia de flavonoides y fenoles, con su potencial antioxidante y efecto inhibitor sobre la acetilcolinesterasa, lo que sugiere aplicaciones terapéuticas innovadoras.

Seepe *et al.* ⁽¹¹⁾, en Sudáfrica, llevaron a cabo un estudio para aislar y caracterizar compuestos bioactivos de *Lantana camara* L. y evaluar su actividad antifúngica contra especies fitopatógenas del género *Fusarium*. A partir del extracto de acetato de etilo de las hojas, se identificaron y caracterizaron ácido boswélico y lantadeno A mediante análisis espectroscópicos. La actividad antifúngica fue determinada usando el CMI (método de concentración inhibitoria mínima), donde el lantadeno A mostró una CMI $\leq 0,63$ mg/mL contra *F. proliferatum*, *F. subglutinans*, *F. graminearum*, *F. semitectum* y *F. solani*. Por su parte, el ácido boswélico presentó una MIC de 0,63 mg/mL contra *F. semitectum* y *F. subglutinans*. Además, ambos compuestos no mostraron efectos fitotóxicos sobre la germinación de semillas ni sobre la longitud de las raíces de plántulas. Se concluye que el ácido boswélico y el lantadeno A poseen propiedades prometedoras como fungicidas naturales de primera línea para el control de enfermedades agrícolas causadas por *Fusarium*.

Aguado *et al.* ⁽¹²⁾, en Argentina, realizaron un estudio preliminar del contenido de compuestos químicos de origen vegetal, la actividad antibacteriana y la toxicidad *in vitro* de extractos hidroalcohólicos de hojas de *Lantana camara* L. Durante el análisis, se identificaron productos secundarios del metabolismo como taninos, compuestos fenólicos, saponinas y flavonoides. La propiedad antibacteriana fue evaluada mediante el método de difusión en agar contra cepas de *Escherichia coli* y *S. aureus*, observándose que el crecimiento bacteriano se inhibía a concentraciones superiores a 1000 $\mu\text{g/mL}$. La toxicidad fue determinada por el ensayo de hemólisis en eritrocitos humanos, mostrando efectos moderados a concentraciones elevadas. Se concluye que *Lantana camara* posee compuestos con potencial bioactivo, lo que justifica futuras investigaciones más profundas sobre su aplicación terapéutica.

Bashir *et al.* ⁽¹³⁾, en Brasil, llevaron a cabo un estudio para analizar la composición fitoquímica y evaluar la capacidad antifúngica *in vitro* de extractos metanólicos de frutos, tallos y hojas de *Lantana camara* L. frente al hongo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., agente causante de la antracnosis. Asimismo, se identificaron metabolitos secundarios como alcaloides, taninos, flavonoides, glicósidos, terpenoides y saponinas en todas las partes de la planta. Por otro lado, una concentración del 5% del extracto metanólico de frutos permitió reducir en un 66% la biomasa del hongo. La fracción n-hexánica de este extracto, a una concentración del 0,5%, inhibió el crecimiento radial del hongo en un 45%. Mediante análisis GC-MS, se identificaron compuestos como 2-propiloctahidro-1-benzotiofeno, ácido 5-heptónico y 2,2-dimetil-1-4 pentenoato. Estos resultados sugieren que los frutos de *L. camara* contienen compuestos bioactivos con potencial antifúngico contra *C.*

gloeosporioides.

Antecedentes Nacionales

Requelme Bautista ⁽¹⁴⁾, en Chimbote, Perú, realizó una tesis cuyo propósito fue “evaluar la actividad antibacteriana *in vitro* del extracto etanólico obtenido de las hojas de *Lantana camara*” contra *Staphylococcus aureus*. El estudio correspondió a un diseño experimental, de enfoque cuantitativo y corte transversal, y empleó la técnica de difusión en disco según el método de Kirby-Bauer para la evaluación de la actividad antimicrobiana. Se evaluaron concentraciones del extracto al 25%, 50% y 75% y se realizó una comparación con un grupo control negativo (dimetilsulfóxido en concentración del 0.2%) y un grupo estándar de referencia farmacológica (ciprofloxacino 5 µg por disco). Los resultados indicaron que la concentración al 75% fue la que mostró mayor actividad antibacteriana (14.0±0.73 mm de halo de inhibición); sin embargo, este efecto fue inferior al del ciprofloxacino (31.20±1.67 mm). Se concluyó que el extracto etanólico de *Lantana camara* demostró capacidad para inhibir el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, pero su eficacia es menor en comparación con un antibiótico convencional como el ciprofloxacino.

Pérez Cruz ⁽¹⁵⁾, en Trujillo, Perú, en su tesis planteó como objetivo evaluar el efecto larvicida del extracto etanólico de *Lantana camara* sobre una población natural de *Aedes aegypti* en condiciones controladas. Se realizaron bioensayos con diferentes concentraciones progresivas del extracto y se midió la mortalidad larvaria en distintos intervalos de tiempo. Los resultados demostraron que el extracto tiene una actividad larvicida significativa, observándose un aumento de la mortalidad proporcional a la concentración utilizada. Se determinó que *Lantana camara* presenta potencial como una opción natural para el control biológico de *Aedes aegypti*, causante de enfermedades como el zika, chikungunya y dengue.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

Lantana camara L., conocida comúnmente como baya de paloma, es una especie vegetal perteneciente a la familia Verbenaceae que ha despertado creciente interés científico debido a su riqueza en compuestos bioactivos. A pesar de estar considerada una planta invasora en diversos países, ha sido utilizada desde tiempos remotos en la medicina tradicional por sus propiedades terapéuticas ⁽¹⁶⁾.

Estudios previos han reportado la presencia de triterpenos, flavonoides, fenilpropanoides y glucósidos iridoides, los cuales le otorgan una amplia variedad de actividades biológicas, entre ellas, antibacteriana, antiinflamatoria, antioxidante e insecticida.

No obstante, la información relacionada con el potencial antifúngico de *Lantana*

camara L. frente a hongos fitopatógenos como *Fusarium sp.* aún sigue siendo limitada, especialmente en el ámbito nacional. Esta carencia de información respalda la importancia de seguir realizando estudios enfocados en explorar su potencial para el manejo natural de enfermedades en los cultivos, con el fin de poder reducir la dependencia de fungicidas químicos y minimizar los efectos adversos sobre el suelo, los ecosistemas agrícolas y la salud humana.

En este contexto, el objetivo del presente estudio fue analizar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos etanólicos de las flores, hojas y frutos de *Lantana camara* L. frente al hongo *Fusarium sp.*, con el propósito de identificar el órgano vegetal que presenta mayor capacidad para inhibir el desarrollo del hongo.

De este modo, se busca aportar una opción natural y sostenible para el manejo de enfermedades fúngicas, favoreciendo prácticas agrícolas más seguras, económicas y respetuosas con el medio ambiente.

La relevancia de esta investigación reside en que sus hallazgos podrían ofrecer una opción natural, accesible y amigable con el medio ambiente, contribuyendo así a la disminución del uso de fungicidas sintéticos y fomentando prácticas agrícolas sostenibles. Asimismo, contribuye a la valorización científica de una especie frecuentemente subvalorada, proporcionando datos valiosos para la comunidad científica y el sector agroindustrial.

1.4. Objetivos de la investigación

a) Objetivo General:

Evaluar la actividad antifúngica *in vitro* del extracto etanólico de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. frente a *Fusarium sp.*, así como identificar los metabolitos secundarios responsables de dicha actividad.

b) Objetivos específicos:

- Identificar los metabolitos secundarios presentes en los extractos etanólicos de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. mediante una evaluación fitoquímica.
- Determinar la actividad antifúngica *in vitro* de los extractos etanólicos de hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L., evaluando el tamaño del halo de inhibición y la concentración mínima inhibitoria (CMI) frente a *Fusarium sp.*
- Evaluar el efecto inhibitorio de los extractos etanólicos de hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. sobre la formación de conidias de *Fusarium sp.*

1.5. Marco teórico

1.5.1. *Lantana camara* L. “Siete colores”

➤ Género *Lantana*

El género *Lantana* L. pertenece a la familia Verbenaceae e incluye aproximadamente 80 especies distribuidas principalmente en las regiones tropicales y subtropicales de América, aunque también cuenta con algunas representantes en Asia y África. Las especies de *Lantana* se caracterizan por ser arbustos perennes, aunque en algunos casos pueden presentarse como hierbas anuales. Son plantas muy ramificadas, con tallos extendidos y delgados, y se distinguen por sus flores llamativas y persistentes. Asimismo, cabe destacar su notable riqueza en aceites esenciales ^(17,18).

➤ Clasificación taxonómica

La muestra botánica, correspondiente a la planta completa, fue identificada y categorizada en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNICA, siguiendo el sistema de clasificación propuesto por Arthur Cronquist (1988). De acuerdo con dicho sistema, la especie se encuentra taxonómicamente ubicada de la siguiente manera:

REINO: *Plantae*

DIVISIÓN: *Magnoliophyta*

CLASE: *Magnoliopsida*

ORDEN: *Lamiales*

FAMILIA: *Verbenaceae*

GÉNERO: *Lantana*

ESPECIE: *Lantana camara* (L.)

NOMBRE VULGAR: “siete colores/flor de fuego”



Figura 1. Fotografía de *Lantana camara* L. Procedencia: Caserío la Esperanza en el distrito la Tinguña, provincia y departamento de Ica.

➤ **Descripción botánica:**

Se caracteriza por ser un arbusto leñoso perenne, de 2 a 5 metros de altura, fuertemente aromático y capaz de formar densos matorrales. Sus tallos son leñosos, con cuatro ángulos bien definidos, y suelen presentar espinas o aguijones curvos, que le proporcionan soporte y protección.

Las hojas se disponen opuestamente, son lanceoladas u ovaladas, con márgenes dentados o aserrados, superficie rugosa en el haz y pubescente en el envés. Al ser frotadas, desprenden un olor penetrante característico, atribuido a la presencia de aceites esenciales.

La inflorescencia es cimosa compuesta, de tipo axilar o terminal, formada por racimos densos y multicolores de aproximadamente 2 a 3 cm de diámetro. Las flores son pequeñas y tubulares, agrupadas de forma compacta, y sus tonalidades varían del amarillo al rosado, rojo, blanco o naranja, cambiando de color conforme maduran. Esta característica le confiere un notable valor ornamental.

Cada inflorescencia puede producir entre 10 y 30 frutos, los cuales son drupas globosas que, al desarrollarse, pasan de un color verde a negro violáceo en la madurez, conteniendo una o dos semillas en su interior. Las plantas adultas pueden generar hasta 2000 semillas por año, lo que explica su alta capacidad de propagación y su clasificación como especie invasora en diversas regiones tropicales y subtropicales ^(8,18,19).



Figura 2. Fotografía de flores y hojas de *Lantana camara* L.



Figura 3. Fotografía de tallos y frutos de *Lantana camara* L.

➤ **Distribución y hábitat:**

Lantana camara es una especie de origen americano, que crece de manera natural desde las regiones del sur de Estados Unidos, como Texas y Florida, hasta el norte de Uruguay y Argentina. No obstante, debido a su gran capacidad de adaptación, actualmente se encuentra naturalizada en aproximadamente 70 países, subtropicales, tropicales y zonas templadas de Asia, África, Oceanía y América. En Sudamérica, su presencia es amplia, abarcando Perú, Bolivia, Argentina, Paraguay y Uruguay, donde prospera en ambientes naturales y perturbados. La especie presenta una notable adaptabilidad ambiental, desarrollándose en terrenos degradados, bordes de bosques, campos agrícolas abandonados, márgenes de carreteras y ríos. Su rango altitudinal comprende hasta los 2000 m s. n. m., prefiriendo ambientes abiertos y soleados; sin embargo, puede persistir bajo sombra ligera, aunque con menor floración.

Pese a su adaptabilidad, su desarrollo se restringe en zonas donde las temperaturas descienden con frecuencia por debajo de los 5 °C, ya que las partes aéreas mueren a -2 °C, aunque las raíces suelen sobrevivir y emitir nuevos brotes cuando las condiciones ambientales mejoran ^(20,21).

➤ **Usos tradicionales**

Lantana camara es una especie vegetal nativa de las zonas tropicales del continente americano. Actualmente presenta una amplia distribución en diferentes regiones del mundo, donde se cultiva principalmente con fines ornamentales. No obstante, su importancia va más allá del aspecto decorativo, ya que posee reconocidas propiedades medicinales y múltiples

aplicaciones ecológicas e industriales.

En la medicina tradicional, las hojas de *Lantana camara* se utilizan en infusión como tónico y estimulante natural, y en distintos países de Asia y América son empleadas para aliviar trastornos digestivos y favorecer la cicatrización de heridas. Asimismo, el cocimiento de sus hojas se utiliza de forma tópica para el tratamiento de afecciones cutáneas como la tiña, la forunculosis y la dermatitis. En regiones de Asia y África, las partes aéreas de la planta se emplean para reducir la fiebre, calmar afecciones respiratorias e infecciones bacterianas, además de utilizarse como cicatrizante y antídoto natural frente a mordeduras de serpientes.

En el sur de Asia, las hojas y flores también se aprovechan con fines terapéuticos y como repelentes naturales de insectos, especialmente mosquitos. De igual modo, en diversas regiones tropicales se prepara una infusión con toda la planta, la cual se hierve para elaborar un té tradicional empleado como remedio para aliviar la tos y otras afecciones respiratorias leves. La decocción de la planta se aplica de manera tópica como loción para limpiar heridas y favorecer su cicatrización, mientras que las hojas trituradas se colocan directamente sobre la piel para reducir inflamaciones, tratar úlceras y cortes.

Más allá de su valor medicinal, *Lantana camara* presenta un notable potencial ecológico e industrial. Los tallos pueden emplearse en la elaboración de muebles domésticos, cestas artesanales y papel, además de servir como fuente de combustible para calefacción y cocción. Asimismo, la planta ha demostrado utilidad en la producción de biogás al mezclarse con estiércol vacuno ^(21,22).

➤ **Composición química**

La especie *Lantana camara* se caracteriza por poseer una composición química variada y rica en metabolitos bioactivos. Entre los principales compuestos identificados se encuentran esteroides y triterpenoides, que constituyen los componentes predominantes dentro de las fracciones no volátiles, es decir, aquellas que no forman parte de los aceites esenciales de la planta. También se han detectado ácidos grasos, flavonoides, glucósidos iridoides y otros metabolitos que contribuyen a su actividad biológica. Las flores y hojas presentan una composición similar, aunque las flores contienen mayor cantidad de glúcidos y las hojas más lípidos. En general, las hojas destacan por su contenido de taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas, carbohidratos y compuestos fenólicos ^(9,23).

➤ **Actividad biológica**

Diversos estudios científicos han evidenciado que los metabolitos obtenidos de *L.camara* poseen un amplio potencial biológico. Entre los metabolitos secundarios más estudiados se encuentran los triterpenoides de tipo ursano y oleanano, a estos se suman flavonoides como el lantanósido y el linarósido, los cuales han evidenciado una actividad nematocida destacable frente a las larvas del nematodo *Meloidogyne incognita*, logrando elevados porcentajes de mortalidad. Por otro lado, ciertos derivados triterpénicos han mostrado actividad antidiabética *in vivo*, además de una acción antimicrobiana considerable frente a cepas de *Mycobacterium tuberculosis*. Asimismo, el extracto etanólico de las hojas de *L. camara* ha mostrado actividad antibacteriana significativa frente a *Staphylococcus aureus*, esta acción se atribuye principalmente a la presencia de taninos, terpenos y flavonoides.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta especie también ha sido asociada con efectos tóxicos en herbívoros, principalmente fotosensibilización y hepatotoxicidad atribuidos al lantadeno A, siendo el triterpenoide pentacíclico más tóxico presente en la planta ^(9,24).

1.5.2. Evaluación fitoquímica

La evaluación fitoquímica es un proceso que permite analizar e identificar los compuestos bioactivos que se encuentran en las plantas medicinales, responsables de sus propiedades terapéuticas. Este estudio comprende la detección de metabolitos secundarios, como flavonoides, taninos, esteroides, terpenoides, glucósidos y alcaloides, entre otros. Para obtener dichos compuestos se aplican diversas técnicas de extracción, como el reflujo, la maceración, percolación, Soxhlet, lixiviación, el arrastre de vapor, empleando distintos solventes según la naturaleza del material vegetal. Este procedimiento permite aislar los metabolitos secundarios presentes en tallos, frutos, flores, hojas u otras partes de la planta, proporcionando información valiosa sobre su potencial farmacológico ^(25,26).

1.5.3. Hongos

Los hongos conforman un extenso y diverso grupo de organismos eucariotas. Son heterótrofos, es decir, no pueden realizar fotosíntesis y obtienen nutrientes a partir de compuestos orgánicos preexistentes mediante la liberación de enzimas que degradan materia compleja, lo que les permite participar en el reciclaje de elementos esenciales del ecosistema. La mayoría habita materia orgánica en descomposición o en suelos, desempeñando un

papel clave en la mineralización y descomposición. Más allá de su papel ecológico, los hongos son muy importantes para la humanidad; intervienen en la producción de alimentos y bebidas, y son fuente de metabolitos bioactivos como inmunosupresores (ciclosporinas) y antibióticos (penicilina). Aunque en su mayoría son saprófitos, algunos son parásitos que pueden causar enfermedades en animales, plantas y humanos. También forman relaciones simbióticas beneficiosas con plantas, favoreciendo su nutrición, y tienen amplias aplicaciones biotecnológicas. Generalmente, son organismos aeróbicos y no móviles, aunque algunas especies acuáticas presentan esporas con capacidad de movimiento ^(27,28).

➤ **Filogenia**

Los hongos tienen un origen evolutivo común con los animales, lo que demuestra que ambos provienen de una misma línea evolutiva dentro de los seres vivos eucariotas. Entre los linajes más antiguos se encuentran los quitridiomicetos, considerados los hongos más primitivos. A diferencia de la mayoría, estos producen esporas móviles con flagelos, llamadas zoósporas, lo que indica que la capacidad de movimiento fue una característica que se perdió con el tiempo en los demás grupos fúngicos. Las investigaciones actuales sobre la evolución fúngica han permitido identificar los principales grupos de hongos, entre los que destacan los Zigomicetos, Quitridiomicetos, Glomeromicetos, Basidiomicetos y Ascomicetos.

Los quitridiomicetos se sitúan cerca del origen del árbol evolutivo por ser los más antiguos, mientras que los ascomicetos y basidiomicetos representan los grupos más evolucionados. Estos últimos incluyen hongos ampliamente conocidos, como los mohos, las setas y las levaduras ⁽²⁸⁾.

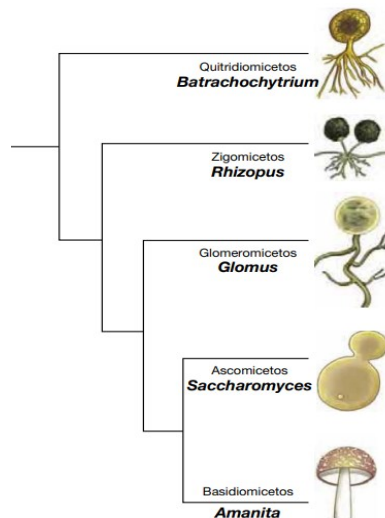


Figura 4. Filogenia de los hongos. Fuente: (Madigan *et al.*, 2015) ⁽²⁸⁾

1.5.4. Hongos fitopatógenos

Los hongos fitopatógenos son organismos que causan diversas enfermedades en las plantas, afectando su desarrollo, rendimiento y calidad. Estas enfermedades representan la mayor parte de las patologías que sufren los cultivos, generando así pérdidas económicas significativas en la agricultura global y afectando el bienestar de agricultores y consumidores. Existen miles de especies de estos hongos, lo que refleja su gran diversidad y su fuerte impacto negativo en los ecosistemas agrícolas ⁽²⁹⁾.

➤ Tipos de hongos fitopatógenos según su modo de vida

- **Biótrofos:** Dependen totalmente de la planta viva y no la matan rápidamente porque la requieren para llevar a cabo su ciclo vital.
- **Necrótrofos:** liberan toxinas que causan la muerte de las células de la planta y se alimentan de los tejidos muertos; afecta a muchas especies vegetales y son oportunistas (por ejemplo, *Botrytis* y *Esclerotinia*).
- **Hemibiotrofos:** inician su ciclo como biótrofos y luego actúan como necrótrofos, dañando progresivamente el tejido (por ejemplo, *Phytophthora*, *Colletotrichum*, *Fusarium*).
- **Saprótrofos:** viven y crecen sobre tejidos vegetales muertos, descomponiéndolos mediante enzimas (por ejemplo, *Aspergillus* y *Fusarium*).
- **Endófitos:** habitan en el interior de los tejidos vegetales sin causar síntomas visibles (por ejemplo, *Epicloë* y *Xylaria*) ⁽³⁰⁾.

1.5.5. Género *Fusarium* sp.

El género *Fusarium*, perteneciente al filo *Ascomycota* y a la familia *Nectriaceae*, está formado por un grupo de hongos filamentosos que pueden vivir como saprófitos, alimentándose de materia orgánica en descomposición, o como fitopatógenos, causando enfermedades en numerosas plantas. Este género tiene una distribución mundial, habitando principalmente el suelo y tejidos vegetales, y puede adaptarse fácilmente a diversos ambientes.

Estos hongos suelen colonizar la zona cercana a las raíces (rizosfera) e invaden los tejidos de las plantas, afectando su crecimiento y desarrollo. Por ello, son considerados algunos de los patógenos más comunes y perjudiciales para los cultivos agrícolas. Además, poseen la capacidad de persistir durante largos períodos en el suelo como saprófitos y liberan esporas resistentes que facilitan su dispersión y dificultan su control ^(31,32).

• Características morfológicas

Las especies del género *Fusarium* se caracterizan por formar colonias de rápido crecimiento, con una textura que varía de algodonosa a aterciopelada. El color de estas colonias varía según la especie y el tiempo que llevan en cultivo, mostrando tonalidades que pueden ir del blanco hasta amarillos, rosados, rojizos e incluso violetas. Se caracteriza por formar colonias de crecimiento rápido y por producir tres tipos principales de esporas: microconidios, macroconidios y clamidosporas.

Los macroconidios son alargados y curvados, con bordes finos o redondeados, y pueden tener varios septos, aunque algunos *Fusarium* carecen de ellos, lo que complica su identificación. Los microconidios, por otro lado, son más pequeños, redondeados u ovalados, generalmente sin septos y no forman cadenas. Por último, las clamidosporas son estructuras resistentes de paredes gruesas que se forman a partir de las hifas o de los macroconidios, suelen ser esféricas o ligeramente ovaladas, gracias a ellas, *Fusarium* puede permanecer en el suelo durante largos periodos ^(27,33).

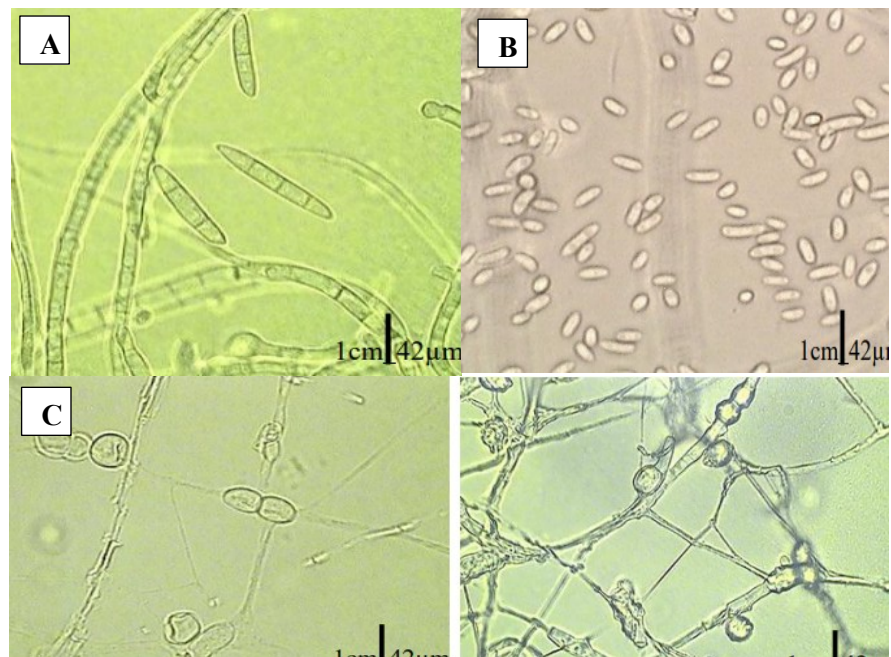


Figura 5. Características morfológicas de *Fusarium* sp. A. Macroconidias B. Microconidias C. Clamidosporas. Fuente: (Carrera-Sánchez K, 2025) ⁽³³⁾

• **Ciclo de infección por *Fusarium sp.***

Fusarium sp. es un hongo presente en el suelo que puede mantenerse viable durante largos períodos en residuos de cultivos infectados o en forma de clamidosporas, unas estructuras resistentes que le permiten sobrevivir en condiciones ambientales adversas. Su dispersión en el campo ocurre a corta distancia a través del agua o de maquinaria agrícola contaminada, mientras que a mayor distancia se propaga con plantas infectadas o el suelo adherido a ellas.

Cuando una planta sana crece en un suelo contaminado, las clamidosporas germinan estimuladas por sustancias liberadas por las raíces y forman hifas que penetran las raíces directamente o a través de heridas causadas por el crecimiento de raíces laterales, nemátodos o insectos. Una vez dentro, el hongo avanza entre las células corticales hasta alcanzar los vasos del xilema, donde se multiplica y se distribuye por el sistema vascular. En esta fase, *Fusarium* produce macroconidios y microconidios, que se transportan hacia las partes aéreas de la planta mediante el flujo de savia. La proliferación del micelio dentro de los vasos provoca su obstrucción y colapso, interrumpiendo el transporte de nutrientes y agua, lo que causa muerte progresiva de los tejidos vegetales, marchitez y amarillamiento.

Finalmente, al descomponerse la planta huésped, el hongo libera esporas en la superficie de los tejidos muertos, que son transportadas por el viento o el agua, iniciando así nuevos ciclos de infección. Este mecanismo hace que *Fusarium* sea un patógeno persistente y difícil de controlar en el campo ^(33,34).

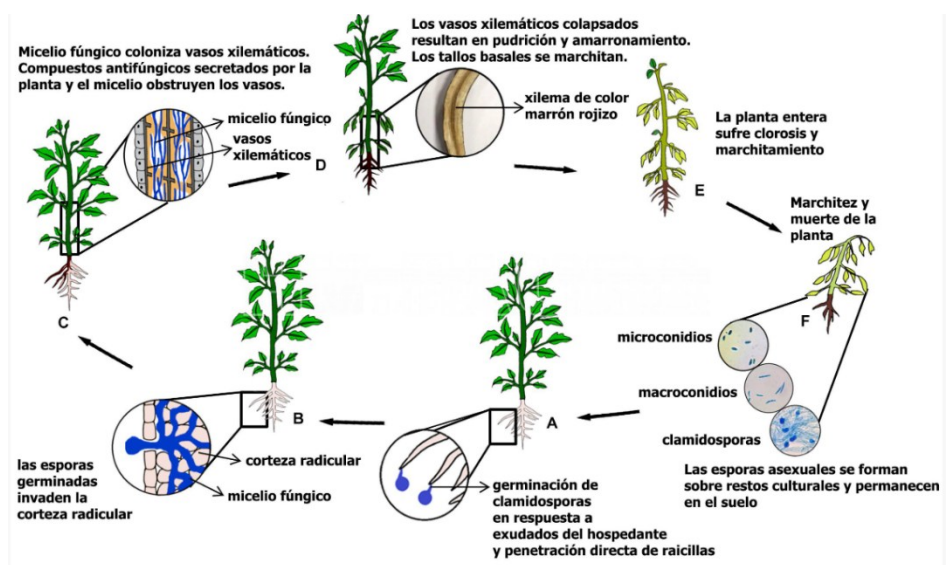


Figura 6. Mecanismo de infección y propagación de *Fusarium sp.* en plantas hospedantes. Fuente: (Jangir *et al.*,2021) ⁽³⁴⁾

• Sintomatología de la enfermedad

La infección por *Fusarium* en las plantas se caracteriza principalmente por la interrupción del transporte de agua debido a la necrosis y bloqueo del sistema vascular causado por el patógeno. Este daño provoca síntomas utilizados para el diagnóstico de la enfermedad. En plantas susceptibles, la infección avanza hacia necrosis total y muerte. Las plantas producen tilosas, estructuras que ayudan a limitar la propagación del hongo, contribuyendo a la defensa.

El marchitamiento es resultado de varias actividades, como la acumulación de micelio dentro del tejido xilemático, la producción de toxinas por el hongo, las respuestas de defensa de la planta como la producción de tilosas, geles y gomas, y la compresión de los vasos causada por la multiplicación de células cercanas. Esto genera un estrés hídrico severo, manifestado en síntomas variables que incluyen necrosis, marchitez, caída de hojas, dobleces en brotes y amarillamiento.

Los primeros síntomas suelen aparecer de manera unilateral, con el doblamiento de partes de la planta afectada y amarillamiento parcial. En etapas iniciales, algunas hojas muestran una mitad clorótica y la otra verde. También es común observar la disminución general del crecimiento y el enanismo en brotes. Con el avance de la enfermedad, la planta se marchita totalmente y muere. En las fases finales, la necrosis afecta las raíces principales y la base del tallo, y el sistema vascular adquiere una coloración marrón visible al cortar transversalmente ^(35,36).

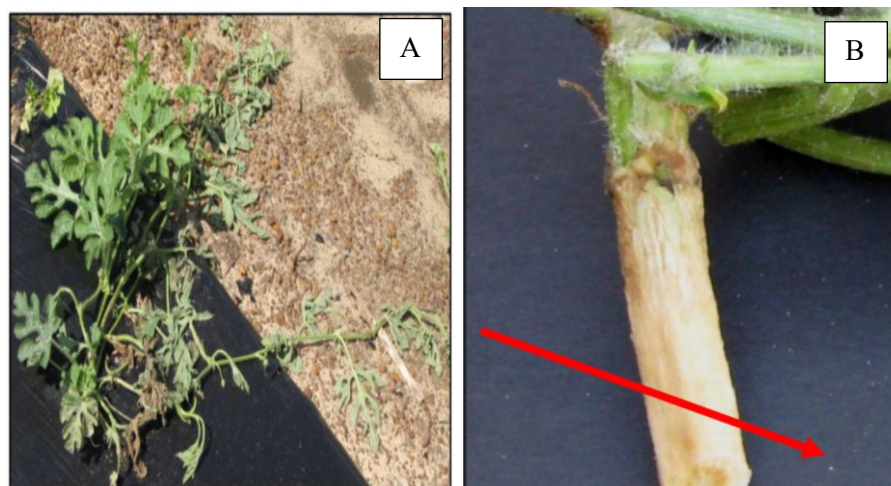


Figura 7. Síntomas de la marchitez causada por *Fusarium sp.* A. En el campo B. Sistema vascular del tallo. Fuente:(Hudson *et al.*,2021) ⁽³⁶⁾

- **Factores que influyen en la esporulación de *Fusarium sp.***

La esporulación de *Fusarium sp.* depende de varios factores tanto ambientales como fisiológicos. La temperatura ideal para que el hongo crezca y forme esporas se encuentra entre 25 y 30 °C, ya que fuera de este rango su actividad metabólica disminuye. La conidiación, o producción de esporas, es estimulada por ciclos de luz y oscuridad de 12 horas cada uno, mientras que la luz constante o la completa oscuridad inhiben este proceso. El pH óptimo para la esporulación oscila entre 5 y 6, especialmente para especies como *F. solani* y *F. oxysporum*.

Por último, la falta de nutrientes, particularmente de carbono y nitrógeno, también fomenta la esporulación. Por esta razón, medios de cultivo con bajos niveles de nutrientes, como el PDA diluido, agar de maíz o agar avena, son los más efectivos para inducir la producción de esporas bajo condiciones controladas ^(37,38).

1.5.6. Capacidad patógena de *Fusarium* en humanos y animales

Durante mucho tiempo, *Fusarium* fue reconocido principalmente como un hongo que afectaba cultivos agrícolas, provocando pérdidas importantes. Sin embargo, en las últimas décadas se ha demostrado que también puede actuar como un patógeno oportunista en seres humanos y animales. Esto ha captado gran atención en el ámbito médico y científico debido a su capacidad para producir infecciones severas, especialmente en personas con sistemas inmunitarios debilitados.

Las infecciones causadas por *Fusarium*, conocidas como fusariosis, pueden variar en gravedad según el estado inmunológico de la persona y la forma en que el hongo ingresa al organismo. En individuos sanos, las infecciones más comunes afectan la córnea (queratitis) y las uñas (onicomicosis), y también pueden provocar sinusitis alérgica o crónica. En cambio, en pacientes con el sistema inmune comprometido, la infección suele ser invasiva, extendiéndose a tejidos profundos e incluso al torrente sanguíneo, causando enfermedades sistémicas graves.

Aunque no todas las especies de *Fusarium* son patógenas para humanos, las más frecuentes en infecciones son *F. solani*, *F. moniliforme*, y *Fusarium oxysporum*, recientemente se han reportado casos con *F. napiforme* y *F. proliferatum*. Las infecciones en animales domésticos como gatos y perros suelen mostrar síntomas similares a los humanos, lo que indica un patrón común de patogenicidad y destaca la importancia de *Fusarium* como un

problema tanto médico como veterinario.

Para que ocurran las infecciones invasivas es fundamental que las barreras naturales del cuerpo, como las mucosas y la piel, estén dañadas o debilitadas. En condiciones normales, las personas están expuestas constantemente a esporas de *Fusarium* presentes en el agua y el suelo, pero no enferman porque su sistema inmune y las barreras físicas impiden la entrada y colonización del hongo. Sin embargo, cuando existen quemaduras, lesiones, tratamientos que disminuyen la defensa inmune o enfermedades graves, el hongo puede ingresar a través de pequeñas heridas y comenzar a invadir los tejidos, provocando infecciones profundas ^(35,39).

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

De tipo básica, debido a que pretende ampliar el conocimiento disponible acerca de las propiedades de la planta estudiada, aportando datos valiosos que sean utilizadas como base para futuros estudios y contribuyendo a la creación de nuevo conocimiento científico sobre la especie.

2.1.2. Nivel de investigación

Este estudio combina un enfoque explicativo y descriptivo. Por un lado, se describen las características, propiedades y comportamientos de las variables analizadas para obtener una comprensión clara de la situación actual. Por otro lado, se busca explicar las causas y relaciones detrás de estos eventos, investigando específicamente la posible conexión entre los metabolitos identificados en la evaluación fitoquímica y su efecto antifúngico.

2.1.3. Diseño de la investigación

Este estudio corresponde a un diseño experimental en el que se manipulan y controlan las variables de manera que se pueda analizar cómo influyen unas sobre otras.

2.2. Lugar de la investigación

Laboratorio de Química Farmacéutica y Laboratorio de Análisis Bioquímicos y Clínicos de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

2.3. Materiales de trabajo

2.3.1. Material biológico

- Hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L.
- Cepa de *Fusarium sp.*

2.3.2. Materiales, insumos y equipos

Tabla 1: Equipos utilizados en el proyecto

N°	Insumos	U. medida	Cantidad
01	Estufa (Marca Binder)	Unid.	01
02	Autoclave (Marca Gemmy)	Unid.	01
03	Balanza analítica (Marca Boeco)	Unid.	01
04	Incubadora (Marca Blue Pard)	Unid.	01
05	Refrigeradora (Marca LG)	Unid.	01
06	Cabina de flujo laminar (Marca ESCO)	Unid.	01
07	Microscopio	Unid.	01
08	Laptop (Marca hp)	Unid.	01

Tabla 2: Materiales utilizados en el proyecto

Nº	Materiales	U. medida	Cantidad
01	Cocinillas eléctricas	Unid.	01
02	Matraces	Unid.	04
03	Probetas de 50 mL y 100 mL	Unid.	02
04	Vasos precipitados de 50, 100 y 250 mL	Unid.	01
05	Gradillas	Unid.	01
06	Soporte universal	Unid.	02
07	Varillas de vidrio	Unid.	02
08	Aro de soporte universal	Unid.	02
09	Tubos de ensayo	Docena	01
10	Placas excavadas	Unid.	03
11	Placas de Petri	Docena	01
12	Espátulas de metal	Unid.	02
13	Placas multipozos de 6 y 12 pozos	Unid.	06
14	Luna de reloj	Unid.	01
15	Baguetas	Unid.	02
16	Cámara de Neubauer	Unid.	01
17	Cubreobjetos	Unid.	04
18	Sacabocados	Unid.	02
19	Asa bacteriológica	Unid.	02
20	Propipetas	Unid.	03
21	Micropipetas de 200 μ l y 1000 μ l	Unid.	02
22	Tips para micropipetas	Docena	02
23	Mechero	Unid.	03
24	Pera de bromo	Unid.	01
25	Viales de vidrio	Docena	01
26	Papel kraft	Pliego	12
27	Papel filtro	Pliego	04
28	Papel aluminio	Rollo	01
29	Papel tisú	Pliego	01
30	Papel toalla	Rollo	06
31	Guantes quirúrgicos	Caja	02
32	Cofias	Caja	01
33	Mascarillas	Caja	01
34	Ligas	Caja	01
35	Algodón	Rollo	01
36	Tijeras	Unid.	02
37	Plumón indeleble	Unid.	02
38	Regla	Unid.	01
39	Marcador	Unid.	01
40	Cuaderno de campo	Unid.	01

Tabla 3: Reactivos y materiales utilizados en el proyecto

Nº	Materiales	U. medida	Cantidad
01	Etanol al 96°	L	20
02	Metanol	mL	10
03	Alcohol amílico	mL	1
04	Diclorometano	mL	500
05	Ácido clorhídrico concentrado	mL	50
06	Ácido clorhídrico al 1%	mL	50
07	Ácido sulfúrico concentrado	mL	50
08	Ácido 3,5-dinitrobenzoico al 2%	mL	10
09	Hidróxido de sodio al 5%	mL	10
10	Hidróxido de amonio	mL	10
11	Hidróxido de potasio al 5.7%	mg	30
12	Cloruro férrico al 1%	mL	10
13	Cloruro de sodio al 5%	mL	10
14	Gelatina al 1%	mL	10
15	Reactivo de Wagner	mL	1
16	Reactivo de Dragendorff	mL	1
17	Reactivo de Mayer	mL	1
18	Ninhidrina al 2%	mL	1
19	Fungicida químico Benzomil® 500	g	200
20	Papa Dextrosa Agar (PDA)	g	500

2.4. Hipótesis y variables

2.4.1. Hipótesis

a) Hipótesis General:

El extracto etanólico de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. presenta actividad antifúngica *in vitro* frente a *Fusarium sp.*

b) Hipótesis Específicas:

- Los metabolitos secundarios identificados en los extractos etanólicos de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. incluyen compuestos con potencial actividad antifúngica.
- Los extractos etanólicos de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. inhiben el crecimiento de *Fusarium sp.* en condiciones *in vitro*.
- Existe una diferencia en la actividad antifúngica de los extractos etanólicos de hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L., siendo uno de ellos el que presenta el mayor efecto inhibitorio, determinado por el tamaño del halo de inhibición y la concentración mínima inhibitoria (CMI).
- Los extractos etanólicos de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L. inhibe la formación de conidias de *Fusarium sp.*, lo que contribuye a su efecto antifúngico.

2.4.2. Variables de la investigación

a) Variables dependientes:

- Evaluación Fitoquímica.
- Actividad Antifúngica *in vitro* frente a *Fusarium sp.*

b) Variables independientes:

- Extracto etanólico de las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L.

2.5. Población y muestra de la investigación

- a) Población: Hojas, flores y frutos de la especie *Lantana camara* L. y cepa de *Fusarium sp.*
- b) Muestra: Extracto etanólico obtenido a partir de hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L.

2.6. Métodos y técnicas de recolección de datos

2.6.1. Recolección y tratamiento de la muestra vegetal

a) Recolección de la muestra vegetal

La recolección de *Lantana camara* L. fue realizada por la autora durante el mes de junio en el caserío La Esperanza, situado en el distrito de La Tinguiña, provincia y departamento de Ica. Este procedimiento se efectuó en las primeras horas del día, empleando bolsas de papel Kraft y tijeras para asegurar una adecuada manipulación del material.

Después de la colecta, los ejemplares fueron transportados al Laboratorio de Química Farmacéutica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNICA, donde se continuaron las etapas iniciales del procesamiento. Asimismo, un ejemplar completo de la planta fue destinada a su respectiva identificación taxonómica en la Facultad de Ciencias Biológicas de la misma universidad, labor que estuvo a cargo del Dr. Miranda Huamán David (Anexo N°1)



Figura 8. Lugar de recolección de la muestra vegetal (Tinguiña- Ica)

b) Tratamiento de la muestra vegetal (Anexo N°2)

- **Selección:** En el laboratorio se procedió a seleccionar cuidadosamente las hojas, flores y frutos de *Lantana camara* L., eligiendo únicamente aquellos ejemplares que se encontraban en buen estado: sin picaduras, infestaciones, daños visibles o presencia de hongos. Todo material que no correspondía a la especie, que presentaba decoloración, alteraciones en la textura o signos de moho fue descartado. De esta manera se aseguró la calidad de las muestras destinadas al estudio.
- **Limpieza:** Esta fase tuvo como finalidad eliminar cualquier tipo de suciedad presente en las muestras, como polvo, tierra u otras impurezas. Durante el proceso, se retiraron cuidadosamente las materias extrañas visibles, tales como restos de tierra y pequeñas piedras, con el fin de asegurar que el material vegetal estuviera limpio y en condiciones óptimas.
- **Secado:** El secado del material vegetal se realizó bajo sombra, con el objetivo de evitar posibles alteraciones en la composición química de las hojas, flores y frutos, ya que la exposición directa al sol podría provocar la degradación de algunos de sus compuestos bioactivos. Las muestras fueron distribuidas uniformemente sobre pliegos de papel Kraft, este procedimiento se llevó a cabo a temperatura ambiente en un ambiente seco, cerrado y bien ventilado, protegido de la presencia de insectos, aves, polvo y otras posibles contaminaciones.

2.6.2. Obtención de los extractos etanólicos ⁽⁴⁰⁾ (Anexo N.º3)

Para la obtención de los extractos etanólicos de *Lantana camara* L., se emplearon los métodos de maceración y reflujo. Durante la colecta se reunieron 800 g de hojas, 1000 g de flores y 3345 g de frutos los cuales fueron posteriormente secados y colocados en frascos de vidrio para ser macerados con etanol al 96° durante 14 días, agitando diariamente para favorecer la extracción. Una vez culminado este periodo, el material vegetal también fue sometido a reflujo con etanol al 96% en ciclos de 4 horas. Finalizadas ambas etapas, los extractos obtenidos, tanto por maceración como por reflujo, fueron combinados, filtrados y dejados secar a temperatura ambiente hasta obtener los extractos secos correspondientes.

Como resultado, se obtuvieron 116 g de extracto seco de flores, 157 g de extracto seco de frutos y 109 g de extracto seco de hojas. Finalmente, los extractos secos se conservaron en frascos de vidrio bien cerrados para evitar cualquier tipo de contaminación.

2.6.3. Evaluación fitoquímica ^(41,42)

El método utilizado consistió en la extracción secuencial de metabolitos secundarios mediante solventes de distintas polaridades, con el objetivo de obtener diferentes fracciones denominadas A, B, C, D y E. A cada una de estas fracciones se les evaluó la ausencia o presencia de diferentes grupos de metabolitos a través de reacciones de precipitación y coloración. Para la realización de esta metodología, se siguió el procedimiento descrito por Olga Lock, reconocida por su efectividad en la identificación fitoquímica, lo que permitió obtener resultados claros y confiables en el análisis de los compuestos presentes.

- **Obtención de las fracciones (Anexo N°4)**

Se tomó una muestra de 25 g del extracto etanólico seco total, que se denominó **FRACCIÓN A**. Posteriormente, se disolvieron 20 g del extracto restante en 20 mL de una solución de ácido clorhídrico al 1%. Luego, esta mezcla se filtró, lo que permitió observar dos partes claramente diferenciadas.

- a) Insoluble**

Los residuos del papel filtro se dejaron secar completamente. Luego, se realizaron varios lavados con agua destilada hasta que el pH de los residuos alcanzó la neutralidad, lo cual se confirmó utilizando papel tornasol. Después de esta etapa, el papel filtro con el material retenido se volvió a secar y, una vez listo, su contenido se disolvió en 50 mL de diclorometano, obteniéndose así la **FRACCIÓN B**.

- b) Solución ácida**

La solución ácida que se obtuvo tras el filtrado fue alcalinizada agregando 7 mL de NH_4OH (hidróxido de amonio) hasta alcanzar un pH alcalino, lo cual se verificó con papel tornasol (cambio de rojo a azul). Posteriormente, esta solución se transfirió a una pera de decantación y se realizó la extracción con 300 mL de diclorometano, obteniendo dos fases bien definidas.

- b.1. Fase orgánica (diclorometánica):**

El diclorometano se añadió de manera progresiva hasta lograr la ruptura completa de la emulsión. Una vez separadas las fases, la porción orgánica se filtró cuidadosamente, obteniéndose así la **FRACCIÓN C**.

- b.2. Fase acuosa:**

La fase acuosa fue sometida a una nueva extracción empleando

diclorometano y etanol en una relación 3:2 respectivamente. Para este procedimiento se usaron 180 mL de diclorometano y 120 mL de etanol, lo que permitió separar nuevamente la mezcla en dos fases diferenciadas.

b.2.1. Fase orgánica: También conocida como Diclorometánica-etanólica, aquí se rompió la emulsión, se filtró cuidadosamente y este filtrado constituyó la **FRACCIÓN D.**

b.2.2. Fase acuosa: El contenido remanente en la pera se transfirió a un frasco y se dejó secar y se obtuvo la **FRACCIÓN E.**

- **Detección de metabolitos secundarios y grupos funcionales (Anexo N°5)**

- **Reacción de gelatina -sal: Identificación de taninos en la fracción A**

Se preparó una disolución a partir de una pequeña porción del extracto seco correspondiente a la fracción A, utilizando agua como solvente. De esta solución se distribuyó un volumen de 1 mL en tres tubos de ensayo. Posteriormente, al primer tubo se le agregó 1 mL de cloruro de sodio al 5 %, al segundo 1 mL de gelatina al 1 % y, al tercero, una mezcla de 0,5 mL de gelatina al 1 % con 0,5 mL de NaCl al 5 %. La formación de un precipitado en el tercer tubo o en ambos (el primero y el segundo) sugiere la presencia de taninos. Sin embargo, si la precipitación se presenta solo en el primer tubo, podría tratarse de un falso positivo.

- **Reacción de tricloruro férrico: Identificación de grupos fenólicos libres en la fracción A**

Se preparó una solución del extracto seco correspondiente a la fracción A empleando etanol como solvente. De esta solución se transfirió 1 mL a un tubo de ensayo, al cual posteriormente se le añadieron dos gotas de cloruro férrico al 1 %. La aparición de una coloración azul oscuro, azul verdoso o verde se considera una reacción positiva, lo cual indica la posible presencia de compuestos fenólicos, como los taninos.

- **Reacción de ninhidrina: Identificación de aminoácidos**

Se disolvió una pequeña cantidad del extracto seco de la fracción A en etanol. Luego, se aplicaron las siguientes preparaciones sobre dos tiras de papel de filtro.

A. Muestra: una gota de la disolución del extracto junto con una gota de reactivo de ninhidrina al 2%

B. Blanco: solo una gota de la solución etanólica de ninhidrina al 2%

Ambas tiras se dejaron secar a T° ambiente y, posteriormente, se colocaron en una estufa entre 110 a 120 °C hasta la aparición de un color en el blanco. La reacción fue considerada positiva cuando la tira de papel impregnada con la muestra mostró una tonalidad azul violácea.

➤ **Reacción de Bornträger: Identificación de antraquinonas en la fracción B**

Se colocó una pequeña cantidad del extracto de la fracción B en un tubo de ensayo y se disolvió con diclorometano. Luego, se añadieron 2 mL de una solución de hidróxido de sodio al 5% (NaOH 5%) y se agitó suavemente la mezcla. La aparición de una coloración roja en la fase acuosa indica una reacción positiva, lo que sugiere la presencia de antraquinonas.

➤ **Reacción de Shinoda: Identificación de flavonoides en las fracciones A, D y E**

Se disolvió una pequeña cantidad de los extractos secos de las fracciones A, D y E en etanol. Luego, se colocaron 0.5 mL de cada disolución en tres placas excavadas. A cada una se le añadieron unas cuantas limaduras de magnesio y 3 gotas de HCl concentrado. La prueba se considera positiva si se observa la aparición de tonalidades rojizas, anaranjadas o violetas, lo cual indica la presencia de flavonoides.

➤ **Reacción de Liebermann-Burchard: Identificación de Triterpenoides y/o Esteroides en las fracciones B, C y D**

Se tomó una pequeña cantidad de los extractos secos de las fracciones B, C y D y se disolvió en diclorometano, colocando cada muestra en una placa excavada. A cada una se le agregaron 3 gotas de anhídrido acético y 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado. La presencia de triterpenoides y/o esteroides se confirma si durante la reacción aparecen colores como azul verdoso, verde, rojo o azul.

➤ **Reacción de Kedde: Identificación de cardenólidos en las fracciones C y D**

Para esta prueba se prepararon dos soluciones:

Solución A: ácido 3,5-dinitrobenzoico al 2% disuelto en metanol.

Solución B: hidróxido de potasio al 5.7% disuelto en agua.

Ambas soluciones se mezclaron en partes iguales para obtener el **reactivo (R)**. Luego, en un tubo de ensayo, se disolvió una pequeña cantidad del extracto seco de las fracciones C y D en metanol. A esta disolución se le añadieron 3 gotas del reactivo (R). La aparición de una coloración

púrpura violáceo indica una reacción positiva, lo que sugiere la presencia de cardenólidos.

➤ **Identificación de alcaloides en las fracciones C y D**

Se disolvió por separado una pequeña cantidad del extracto seco de las fracciones C y D en una solución de ácido clorhídrico al 1%. Luego, se filtraron las disoluciones y se colocaron en tubos de ensayo. A cada uno se le agregaron de 2 a 3 gotas de los reactivos específicos: **Dragendorff**, **Mayer**, y **Wagner**. La presencia de alcaloides se confirma si se observan los siguientes precipitados característicos:

- **Dragendorff:** Formación de un precipitado anaranjado.
- **Mayer:** Aparición de un precipitado blanco cremoso.
- **Wagner:** Formación de un precipitado de color marrón.

➤ **Identificación de leucoantocianidinas y catequinas en las fracciones D y E: Reacción de Rosenheim**

Se tomó 1 mL de cada fracción y se le añadió 0,5 mL de ácido clorhídrico concentrado. La mezcla se calentó en baño maría durante 10 minutos. Luego, se dejó enfriar y se agregaron 2 mL de agua destilada y 1 mL de alcohol amílico. Finalmente, se agitó bien la mezcla y se observó el color que adquiriría la fase amílica (la capa superior).

- Si la fase amílica se vuelve de color rojo, indica la presencia de leucoantocianidinas.
- Si adquiere un color marrón, sugiere la presencia de catequinas.

➤ **Detección de saponinas**

Se disolvió 1 g del extracto etanólico seco de hojas, flores y frutos en 20 mL de agua destilada, colocando cada uno en un tubo de ensayo. La mezcla se llevó a ebullición durante 10 minutos, se filtró en caliente y, una vez enfriada, se agitó durante 1 minuto. Luego se dejó en reposo durante 15 minutos para observar la formación de espuma. La reacción se considera negativa si la altura de la espuma es menor a 5 mm (0.5 cm). Es importante mencionar que el screening fitoquímico se centró en los frutos, debido a la limitada información existente sobre los metabolitos secundarios presentes en esta parte de la planta. Con el fin de obtener un análisis comparativo más completo, se aplicaron las mismas pruebas de coloración y precipitación a las flores y hojas, ya que estas estructuras vegetales sí cuentan con un mayor número de investigaciones previas que respaldan su composición química.

2.6.4. Actividad antifúngica

2.6.4.1. Procedimientos previos al desarrollo de la actividad antifúngica

a) Obtención de la cepa fúngica

En el marco de este estudio, la cepa de *Fusarium sp.* fue donada por el laboratorio Rizoagrum S.A.C., ubicado en la ciudad de Ica.

b) Preparación del medio de cultivo ⁽⁴³⁾

Para la preparación del medio de cultivo se realizaron previamente los cálculos necesarios en función de la marca de PDA (Potato Dextrose Agar) empleada, siguiendo las indicaciones del fabricante con el propósito de asegurar la concentración y composición adecuadas. Una vez obtenidos los valores, se procedió a la preparación bajo estrictas condiciones de esterilidad.

El material de vidrio requerido (placas Petri) fue envuelto en papel Kraft y esterilizado por calor seco en estufa a 180 °C durante 60 minutos. Tras finalizar este proceso, se dejó enfriar dentro del horno, evitando así choques térmicos y conservando su condición estéril hasta el momento de uso. Posteriormente, la cantidad de PDA calculada se disolvió en agua destilada dentro de un matraz erlenmeyer o un frasco de vidrio autoclavable, agitando la mezcla con un calentamiento suave hasta lograr una completa homogeneización. El medio fue entonces sometido a esterilización mediante calor húmedo en autoclave, a temperatura de 121°C con presión de 15 lb/in² durante 30 minutos, garantizando la eliminación de contaminantes microbianos.

Concluido el ciclo de esterilización, el matraz fue retirado cuidadosamente y el medio se mantuvo a una temperatura cercana a 45 °C, con el fin de evitar que se solidifique.

c) Replicación de la cepa fúngica madre ⁽⁴⁴⁾ (Anexo N°8)

Para este procedimiento, se vertieron aproximadamente 20 mL de PDA en placas de Petri estériles y se dejaron enfriar hasta su completa solidificación. Todo el proceso se llevó a cabo dentro de una cámara de flujo laminar de marca ESCO, previamente esterilizada con luz ultravioleta, a fin de garantizar condiciones de asepsia y evitar contaminaciones externas. En primer lugar, con el sacabocado previamente esterilizado se elaboraron discos

de micelio de 6 mm de diámetro. Posteriormente, utilizando un asa bacteriológica esterilizada al rojo vivo en el mechero, se extrajo uno de estos discos y se depositó cuidadosamente en el centro de cada placa. Finalmente, las placas inoculadas fueron selladas con Parafilm y se incubaron durante un periodo de 10 a 14 días, manteniendo una temperatura controlada de 25 ± 2 °C, lo que permitió el crecimiento adecuado y uniforme del hongo.

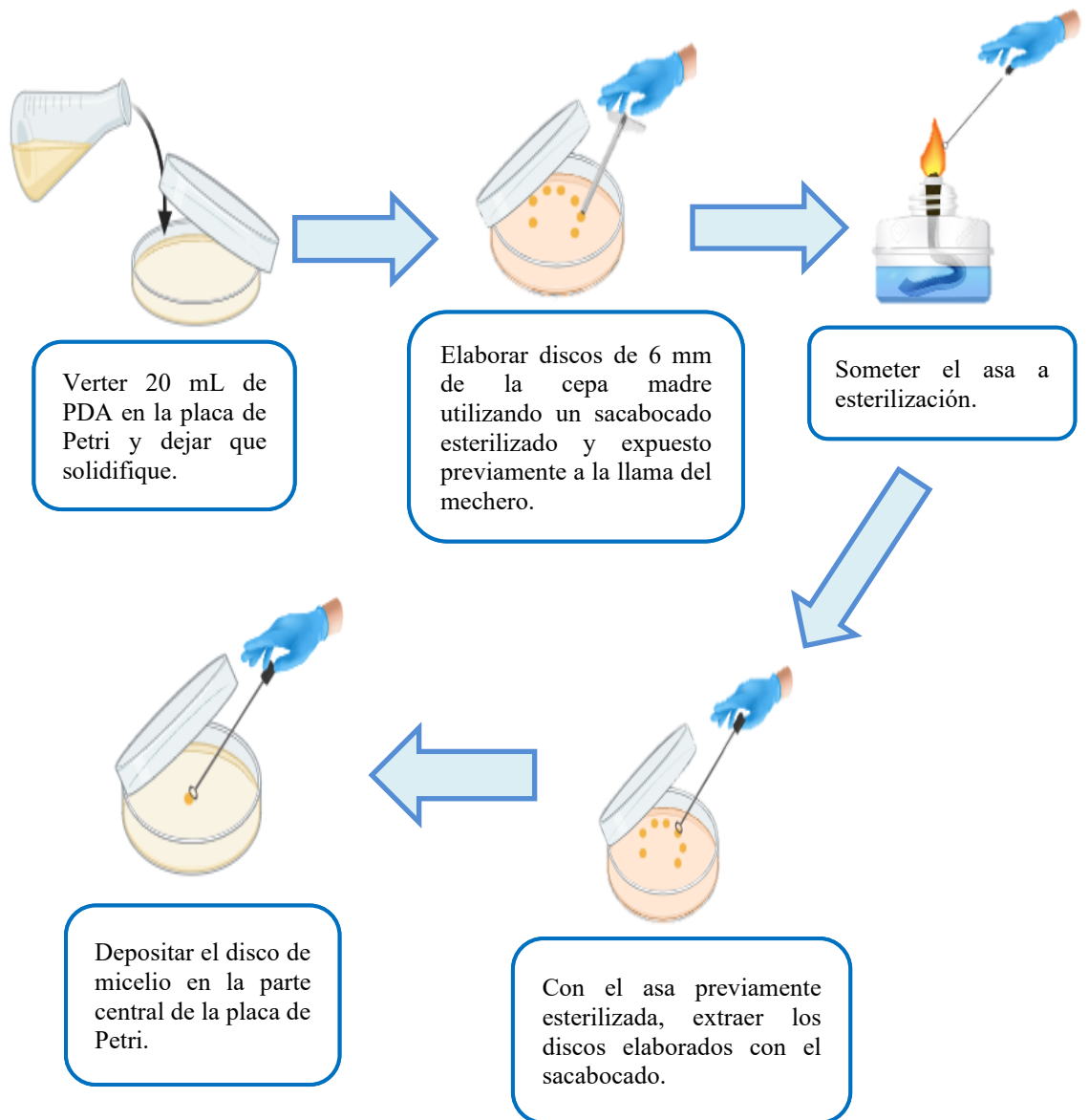


Figura 10. Flujograma del proceso de replicación de la cepa madre fúngica.

2.6.4.2. Determinación de la actividad antifúngica

Para llevar a cabo las evaluaciones se utilizó el método del “medio envenenado” o “medio enmendado”. Este procedimiento consiste en añadir una cantidad determinada de la solución de los extractos, adaptada a las concentraciones específicas que se desean probar, directamente al medio de cultivo PDA que ya ha sido esterilizado previamente ⁽⁴⁵⁾.

A) Evaluación cualitativa: ICM (Inhibición del crecimiento micelial) ^(46,47) (Anexo N°9)

La evaluación cualitativa se realizó como una inspección inicial rápida y descriptiva para determinar la actividad preliminar del extracto. Su principal objetivo fue identificar de manera inmediata si los extractos etanólicos presentaban algún efecto visible contra *Fusarium sp.*, ya que la presencia o ausencia de crecimiento micelial en los pocillos tratados fue el indicador más sencillo para confirmar si el extracto contenía compuestos con potencial antifúngico.

Esterilización de materiales

Para garantizar la asepsia, se utilizaron varios métodos de esterilización: se sometieron a calor seco en la estufa las placas de Petri y los viales; por otro lado, el autoclave se empleó para esterilizar el medio de cultivo, la solución salina en tubos de ensayo y las puntas de micropipeta (200 μ L y 1000 μ L). Adicionalmente, las placas multipocillo de 12 pozos fueron esterilizadas previamente con luz ultravioleta (UV) y rotuladas según las muestras y los porcentajes de concentración a evaluar. Finalmente, todos los materiales estériles se manipularon dentro de la cabina de flujo laminar, la cual también había sido previamente esterilizada con luz UV.

Preparación de extractos y establecimiento de concentraciones

Se procedió al ensayo de los extractos etanólicos obtenidos de hojas, flores y frutos, evaluados en cuatro niveles de concentración: 3% (300 μ L), 3.5% (350 μ L), 4% (400 μ L) y 4.5% (450 μ L), estas proporciones de extracto se aplicaron a 5 mL de medio PDA por cada muestra. Para la preparación de las soluciones madre, se pesó 1 g de cada extracto y se disolvió en

1 mL de etanol dentro de viales previamente esterilizados.

Controles para la evaluación

Para la evaluación, se definieron dos controles esenciales: el Control Negativo (-) consistió simplemente en el medio de cultivo PDA, estableciendo una referencia de crecimiento libre del hongo. Por su parte, el Control Positivo (+) se preparó con el medio PDA al cual se le incorporó el fungicida comercial BENZOMIL®500 a una concentración final del 0.1%, sirviendo como referencia de máxima inhibición química.

Método del medio enmendado o medio envenenado

Se comenzó el proceso mezclando la solución madre del extracto (iniciando con la concentración del 3%, equivalente a 300 µL) con 5 mL del medio de cultivo (PDA), la cual se homogeneizó superficialmente en una placa de Petri estéril. Posteriormente, se transfirió con una micropipeta 1000 µL (1 mL) de esta mezcla a un pocillo de las placas multipocillo, repitiendo este paso por triplicado para asegurar 3 réplicas por concentración. Este procedimiento se replicó para cada una de las concentraciones restantes del extracto. Finalmente, se permitió que el medio se solidificara dentro de las placas multipocillo antes de proceder con la inoculación.

Inoculación de *Fusarium sp.*

El procedimiento comenzó con la preparación del inóculo fúngico. Se utilizó un asa bacteriológica, la cual fue previamente esterilizada al rojo vivo en la flama de un mechero. Con esta asa, se realizó un raspado superficial sobre el cultivo de *Fusarium sp.* para coleccionar sus conidias (esporas).

El material fúngico recolectado se transfirió a un tubo de ensayo con solución salina (cloruro de sodio) y se agitó con suavidad para crear una suspensión. Posteriormente, se tomó una alícuota de esta suspensión con una micropipeta y se procedió a la cuantificación en la cámara de Neubauer, obteniéndose una concentración de 1.34×10^6 conidias/mL.

Finalmente, se realizó la siembra utilizando una micropipeta de 200 µL, se dispensaron 45 µL de la suspensión estandarizada en tres pocillos para cada nivel de concentración del extracto. Tras la inoculación, las placas multipocillo se sellaron con Parafilm y

se colocaron en una incubadora a una temperatura controlada de 25 ± 2 °C durante 5 días.

Interpretación de los resultados

Al finalizar el periodo de incubación, se realizó una evaluación cualitativa de las muestras para determinar el grado de inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium sp.*. Los resultados se clasificaron en cuatro categorías: inhibición total, media, baja o nula.

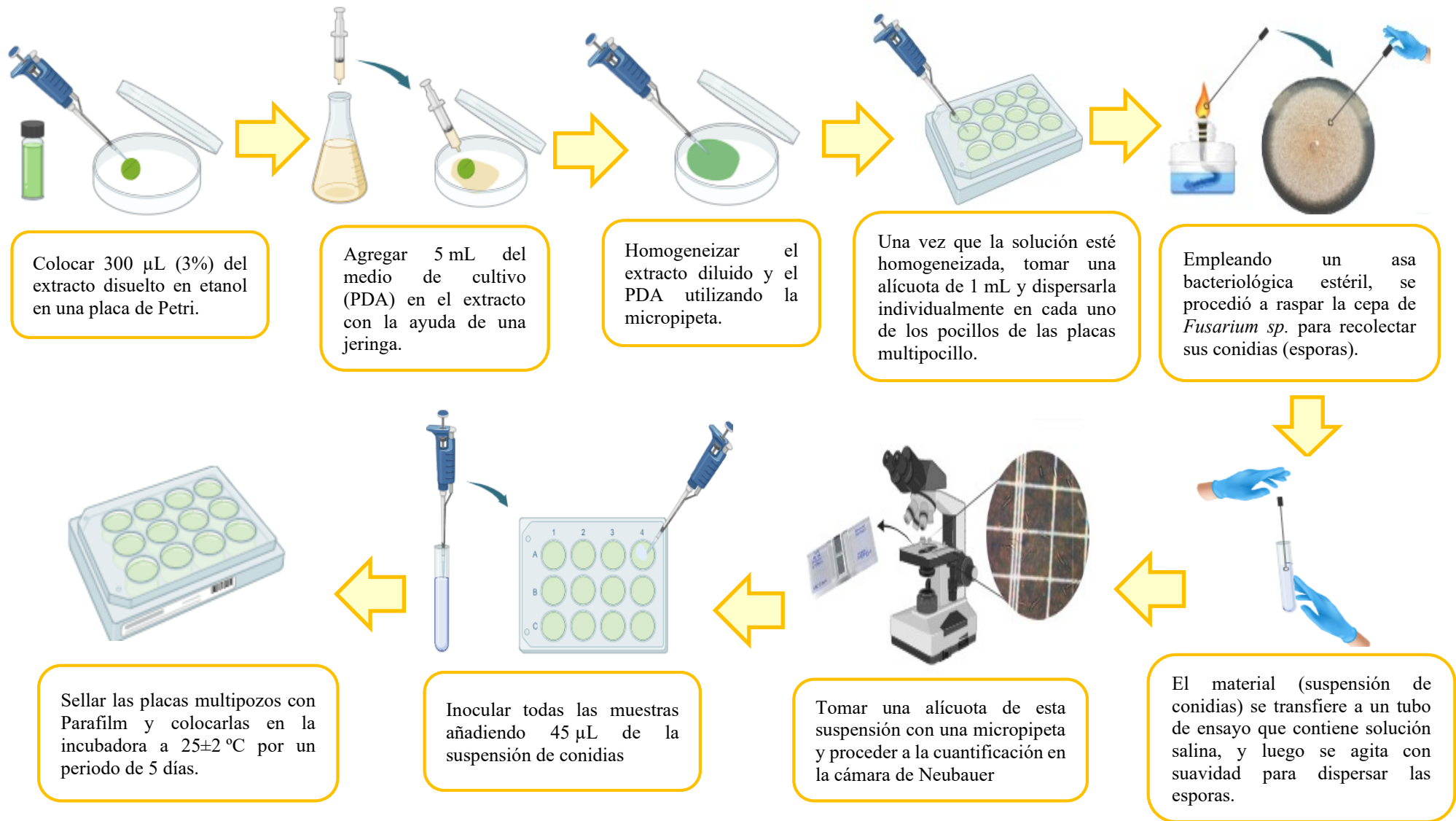


Figura 11. Flujo de la evaluación cualitativa - ICM (Inhibición del crecimiento micelial)

B) Evaluación cuantitativa: ICR (Inhibición del crecimiento radial)⁽⁴⁸⁾ (Anexo N°10)

Mediante este tipo de evaluación se obtienen datos exactos del crecimiento radial (expresados en centímetros de diámetro), lo que permite comparar la efectividad de los extractos etanólicos y determinar cuál de ellos presenta una mayor actividad antifúngica.

Esterilización de materiales

Inicialmente, se llevó a cabo la esterilización de todo el material requerido: las placas de Petri, el sacabocado y los viales se esterilizaron mediante calor seco en una estufa. Paralelamente, el medio de cultivo (PDA), preparado en frascos autoclavables, y las puntas de micropipetas (200 μ L Y 1000 μ L) se esterilizaron con calor húmedo en autoclave. Para la evaluación, se emplearon placas multipozos (de 6 pocillos), las cuales fueron esterilizadas con luz ultravioleta (UV) y etiquetadas con el código de las muestras y los porcentajes de concentración a probar. Una vez completada la esterilización, todos los materiales se trasladaron a la cabina de flujo laminar, la cual también había sido esterilizada previamente.

Preparación de los extractos y establecimiento de las concentraciones

Se ensayaron los extractos etanólicos proveniente de hojas, flores y frutos a tres niveles de concentración: 1% (200 μ L), 3% (600 μ L) y 5% (1000 μ L), en proporción a la cantidad de medio PDA utilizada (10 mL) por muestra. El proceso consistió en pesar 1g de los extractos obtenidos de hojas, flores y frutos, los cuales fueron disueltos en 1 mL de etanol en viales previamente esterilizados. Posteriormente, las soluciones fueron homogenizadas mediante agitación suave para asegurar una disolución completa antes de su incorporación al medio de cultivo.

Controles para la evaluación

Se establecieron dos controles para la evaluación: el Control Negativo (-) consistió únicamente en el medio de cultivo PDA, mientras que el Control Positivo (+) utilizó PDA al que se le añadió el fungicida comercial agrícola BENZOMIL ®500 a una

concentración del 0.1%.

Método del medio envenenado o medio enmendado

El procedimiento se inició en un recipiente estéril, como una placa de Petri previamente esterilizada. Inicialmente se preparó una concentración del 5% utilizando una micropipeta de 1000 μL , con la cual se depositaron 1000 μL de la solución inicial del extracto. A esta cantidad se añadieron 10 mL del medio de cultivo (PDA) y se mezcló suavemente para homogeneizar. Inmediatamente, se distribuyeron 3000 μL de esta mezcla en cada pozo de la placa multipozos, realizando tres repeticiones por cada extracto y concentración.

Este mismo proceso se repitió para las demás concentraciones a evaluar. Finalmente, las placas se dejaron reposar hasta que el medio solidificó completamente, quedando listas para la inoculación.

Inoculación de *Fusarium sp.*

El procedimiento de inoculación comenzó con la realización de discos de micelio de 7mm de diámetro de la cepa de *Fusarium sp.*, utilizando un sacabocado bacteriológico previamente esterilizado. A continuación, con la ayuda de un asa bacteriológica estéril, se depositó un disco de micelio en la parte central de cada pozo de las placas multipocillos.

Por último, estas placas se sellaron herméticamente con Parafilm para prevenir la contaminación y pérdida de humedad, luego se trasladaron a una incubadora donde se mantuvieron durante 5 días bajo una temperatura controlada de 25 ± 2 °C.

Interpretación de los resultados obtenidos

El efecto antifúngico se midió una vez que el control negativo (sin extracto) alcanzó su crecimiento máximo. En ese momento, se procedió a registrar el crecimiento del hongo en el medio con extracto (en centímetros de diámetro) para luego aplicar las fórmulas correspondientes para el análisis.

$$\% \text{ Crecimiento} = \frac{\text{Diámetro del crecimiento del hongo en el extracto}}{\text{Diámetro del control negativo}} \times 100$$

$$\% \text{ de Inhibición} = 100 - \% \text{ de Crecimiento}$$

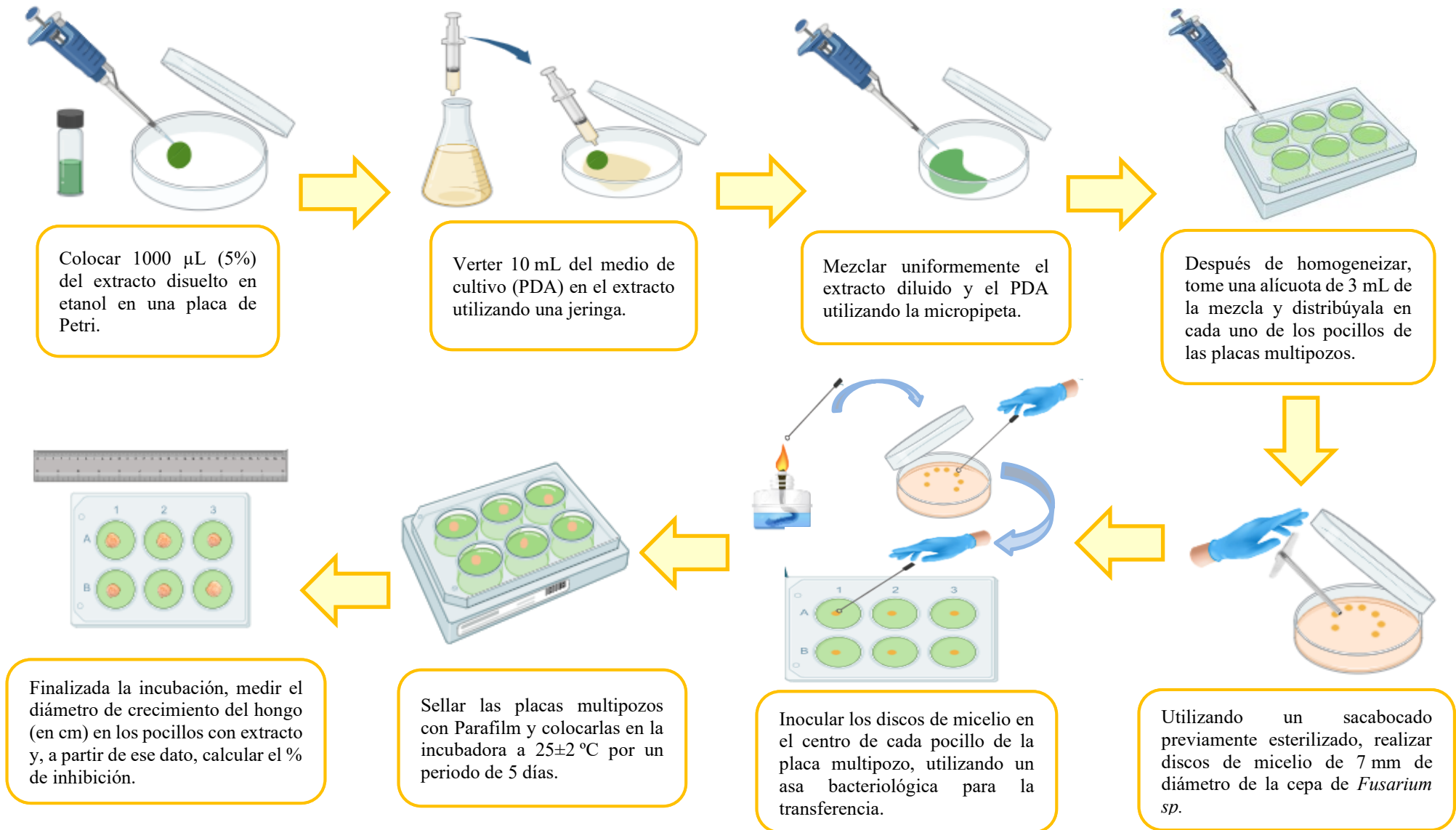


Figura 12. Flujoograma de la evaluación cuantitativa – ICR (Inhibición del crecimiento radial)

C) Determinación de la CMI (concentración mínima inhibitoria) ^(49,50)

El objetivo principal de este ensayo fue determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), expresada en porcentaje, necesaria para lograr la inhibición total del crecimiento micelial del hongo fitopatógeno *Fusarium sp.*.

La metodología se basó en los resultados de la evaluación cualitativa inicial. Para cada uno de los tres extractos (hojas, flores y frutos), se ajustó el rango de ensayo mediante la modificación gradual de las concentraciones (aumentándolas o disminuyéndolas) a partir de los resultados previos. Para este ensayo, cada muestra se preparó con 5 mL de medio PDA y se realizaron tres repeticiones.

D) Recuento de conidias ^(51,52) (Anexo N°10)

Este proceso se llevó a cabo una vez concluido el periodo de incubación de las muestras analizadas mediante el método cuantitativo (medición de la inhibición del crecimiento radial).

Para ello, se realizó un conteo comparativo donde los tres extractos (hojas, flores y frutos) se analizaron simultáneamente en concentraciones seleccionadas: 1, 3 y 5 % frente a *Fusarium sp.*, permitiendo una comparación directa de su eficacia a niveles idénticos de dosificación. Para determinar el efecto esporicida (inhibición de la formación de esporas) de los extractos, se añadió 1 mL de agua estéril a cada pocillo. Con ayuda de una espátula, se removieron suavemente las conidias para obtener una suspensión, la cual fue cuantificada en el microscopio utilizando la cámara de Neubauer. Para garantizar la precisión del conteo, se realizaron dos recuentos por cada pocillo analizado, aprovechando la estructura de doble cuadrícula de la cámara. El número de conidias por mililitro se calculó aplicando la siguiente fórmula de estandarización:

$$\text{Conidias/mL} = (\text{Número de conidias contadas}) \times (\text{Factor de dilución}) \times (\text{Factor de la cámara de Neubauer})$$

2.7. Técnicas de procesamiento de la información

2.7.1. Recolección de datos

Para la recolección de datos, se realizó un registro detallado en cuadernos de trabajo donde se anotaron minuciosamente todos los datos obtenidos y los resultados correspondientes a los métodos aplicados. Estos registros sirvieron como soporte fundamental para el análisis y procesamiento posterior de la información. Además, se llevó a cabo una recopilación exhaustiva de información proveniente de diversas fuentes, que incluían bases de datos de acceso libre y literatura científica.

2.7.2. Procesamiento e interpretación de datos

Se analizaron los datos obtenidos mediante el uso de herramientas estadísticas no paramétricas ya que, no siguieron una distribución normal. Inicialmente, se procesó la información utilizando el programa Microsoft Excel para facilitar la organización preliminar de los datos. Posteriormente, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para comparar el crecimiento de dos días distintos; de igual manera se hizo un análisis comparativo entre las diferentes concentraciones utilizando la prueba de Kruskal-Wallis, para todo ello, se utilizó el software estadístico Minitab, lo que permitió estructurar los resultados en gráficos y tablas de manera clara y ordenada. Esta metodología facilitó una interpretación precisa y confiable de los resultados obtenidos en el estudio.

2.8. Aspectos éticos

Durante todo el desarrollo de esta investigación se respetaron rigurosamente los principios éticos que orientan la investigación científica académica. Se reconoció y citó adecuadamente el trabajo de diversos autores, asegurando el debido crédito a sus contribuciones. Asimismo, se protegió la propiedad intelectual, citando correctamente todas las fuentes consultadas y respetando los derechos de autor.

III. RESULTADOS

3.1. Screening fitoquímico

Tabla 4. Resultados del screening fitoquímico para la identificación de grupos funcionales y metabolitos secundarios presentes en el extracto etanólico de los frutos de *Lantana camara L.*

Fracciones	Reacciones	Metabolitos	Resultados	Observación
A	Rx. Shinoda	Flavonoides	-	No hubo coloración rojiza
	Rx. Gelatina	Taninos	-	No hubo precipitación
	Rx. Cloruro Férrico	Grupos fenólicos libres	+	Color azul-negro
	Ninhidrina	Aminoácidos	+	Color azul violáceo
B	Rx. Libermann Burchad	Triterpenos y/o esteroides	+	Color azul verdoso
	Rx. Borntranger	Quinonas	-	Color marrón
C	Rx. Libermann Burchad	Triterpenos y/o esteroides	+	Color marrón rojizo
	Rx. Kedde	Cardenólidos	+	Color rojo intenso
	Rx. Dragendorff		+	Precipitado anaranjado
	Rx. Mayer	Alcaloides	+	Precipitado blanco
	Rx. Wagner		+	Precipitado marrón
D	Rx. Dragendorff		+	Precipitado anaranjado
	Rx. Mayer	Alcaloides	+	Turbidez
	Rx. Wagner		+	Turbidez
	Rx. Kedde	Cardenólidos	+	Color rojizo
	Rx. Shinoda	Flavonoides	+	Color ligeramente rosado
	Rx. Rosenhein	Leucoantocianidinas / catequinas	+	Color rojo oscuro
	Rx. Libermann Burchad	Triterpenos y/o esteroides	+	Color rojizo
E	Rx. Shinoda	Flavonoides	+	Color ligeramente rosado
	Rx. Rosenhein	Leucoantocianidinas / catequinas	+	Color rojo oscuro
F	Prueba de la espuma	Saponinas	+	1,2 cm de espuma

Leyenda: Ausencia (-); Presencia (+)

Tabla 5. Resultados del *screening* fitoquímico del extracto etanólico de flores de *Lantana camara* L.”

Reacciones	Extracto etanólico de flores	Observaciones
Rx. Gelatina	-	No hubo precipitación
Rx. FeCl ₃	+	Color azul negruzco
Rx. Shinoda	+	Color ligeramente rosado
Rx. Ninhidrina	+	Color azul violáceo
Rx. Lieberman Burchad	+	Color azul verdoso
Rx. Borntranger	-	No se observó el color rojo en la fase acuosa
Rx. Kedde	-	No hubo coloración rojiza
Rx. Dragendorff	-	No hubo precipitación
Rx. Mayer	-	No hubo precipitación
Rx. Wagner	-	No hubo precipitación
Rx. Rosenheim	+	Color rojo oscuro en la fase amílica
Prueba de la espuma	+	1,5cm de espuma

Leyenda: Ausencia (-); Presencia (+)

Tabla 6. Resultados del *screening* fitoquímico del extracto etanólico de hojas de *Lantana camara* L.”

Reacciones	Extracto etanólico de hojas	Observaciones
Rx. Gelatina	-	No hubo precipitación
Rx. FeCl ₃	+	Color azul verdoso
Rx. Shinoda	+	Color ligeramente rosado
Rx. Ninhidrina	+	Color violáceo
Rx. Lieberman Burchad	+	Color turquesa
Rx. Borntranger	-	No hubo aparición del color rojo en la fase acuosa
Rx. Kedde	-	No hubo coloración rojiza
Rx. Dragendorff	-	No hubo precipitación
Rx. Mayer	-	No hubo precipitación
Rx. Wagner	-	No hubo precipitación
Rx. Rosenheim	+	Color marrón rojizo en la fase amílida
Pueba de la espuma	+	3,5 cm de espuma

Leyenda: Ausencia (-); Presencia (+)

3.2. Evaluación cualitativa

Tabla 7. Evaluación del efecto inhibitor sobre el crecimiento micelial de *Fusarium sp.* frente a los controles y a los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas. (Anexo N°12)

Concentración	Muestra	<i>Fusarium sp.</i>
0.1%	Control (+)	ICM total
-	Control (-)	ICM nula
4.5%	Flores	ICM total
4.5%	Frutos	ICM media
4.5%	Hojas	ICM nula

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la inhibición cualitativa del crecimiento micelial de *Fusarium sp.* obtenidos a partir de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. Para esta fase del estudio se trabajó con tres repeticiones por tratamiento y se emplearon distintas concentraciones iniciales del

extracto (4.5 %, 4 %, 3.5 % y 3 %). En la tabla se muestra específicamente el comportamiento registrado con la concentración más alta (4.5 %), por ser la que evidenció el efecto más representativo en cada órgano vegetal.

El objetivo de este ensayo cualitativo fue identificar de manera preliminar si los extractos presentaban actividad antifúngica frente al hongo. El uso de varias concentraciones permitió no solo reconocer los extractos con mayor potencial, sino que también orientó la determinación de las concentraciones adecuadas para estimar posteriormente la concentración mínima inhibitoria (CMI).

3.3. Evaluación cuantitativa (Anexo N°13)

En la figura 13 se observa la comparación del crecimiento radial del hongo entre el día 3 y el día 5 en cada órgano de la planta, se optó por utilizar la prueba no paramétrica de Mann–Whitney. Esta prueba fue la más adecuada porque los datos no se ajustaban completamente a los criterios de normalidad necesarios para un análisis paramétrico. En cada día se trabajó con un conjunto de 9 observaciones ($n = 9$ por día), lo que permitió realizar una comparación consistente entre ambos momentos del experimento. Se consideró un nivel de confianza del 95 % y un valor de significancia estadística establecido en $p = 0,05$. Cuando los valores obtenidos fueron inferiores a este umbral, se interpretó que existían diferencias reales y no atribuibles al azar. Bajo este criterio, únicamente el extracto elaborado a partir de hojas mostró una variación significativa en el crecimiento del hongo entre el tercer y el quinto día.

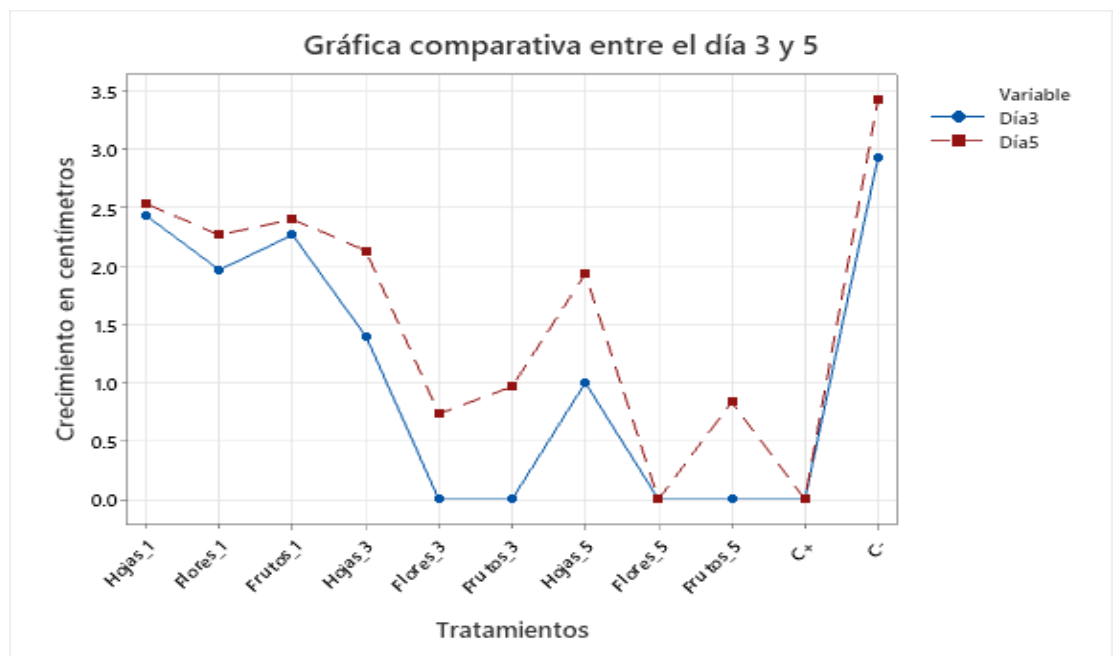


Figura 13. Comparación del crecimiento radial de *Fusarium sp.* entre el día 3 y el día 5 para los distintos tratamientos.

Por otro lado, se observó que el extracto de flores evaluado en el tercer y quinto día presentaron las mismas medidas de crecimiento en comparación con el control positivo, lo que sugiere un comportamiento similar al del control positivo durante el tiempo de evaluación.

Tabla 8. ICR (Inhibición del crecimiento radial) de *Fusarium sp.* por controles y extractos de flores, frutos y hojas en el día 5 de incubación

Repetición	Flores	Frutos	Hojas	Control (+)	Control (-)
1	0.0	0.8	2.2	0.0	3.4
2	0.0	0.8	1.8	0.0	3.4
3	0.0	0.9	1.8	0.0	3.5
Promedio	0.0	0.8	1.9	0.0	3.4
% de Inhibición					
Promedio	100%	76%	44%	100%	0%

En la Tabla 8 se muestran los promedios de los diámetros del crecimiento radial de *Fusarium sp.*, expresados en centímetros, así como los porcentajes de inhibición registrados para los controles y para los extractos etanólicos provenientes de hojas, flores y frutos, todos evaluados a una concentración del 5 %. Estos datos corresponden al quinto día de observación, obtenidos a partir de tres repeticiones por tratamiento. Entre los resultados, el extracto etanólico de flores destacó al alcanzar una inhibición total del 100 %, posicionándose como el tratamiento más efectivo para detener el crecimiento del hongo.

En la figura 14, que corresponde a un gráfico de cajas del crecimiento radial en centímetros, se presentan los resultados obtenidos en el día 5 para las distintas combinaciones de tratamiento y concentración. Para determinar si existían diferencias entre los grupos, se aplicó la prueba de Kruskal–Wallis, la cual mostró variaciones estadísticamente significativas ($H = 30.22$; $gl = 10$; $p = 0.001$, con ajuste por empates). Las menores medianas de crecimiento se observaron en el control positivo y en el extracto de flores al 5 %, ambos con 0.0 cm, lo que evidencia una alta eficacia antifúngica. A continuación, se ubicaron los tratamientos de flores al 3 % y frutos al 5 %, con medianas de 0.7 y 0.8 cm, respectivamente. En contraste, las concentraciones del 1 % de hojas, flores y frutos presentaron medianas mayores (≥ 2.2 cm), mientras que el control negativo mostró el crecimiento más alto (3.4 cm), confirmando la ausencia de inhibición cuando no se aplica tratamiento.

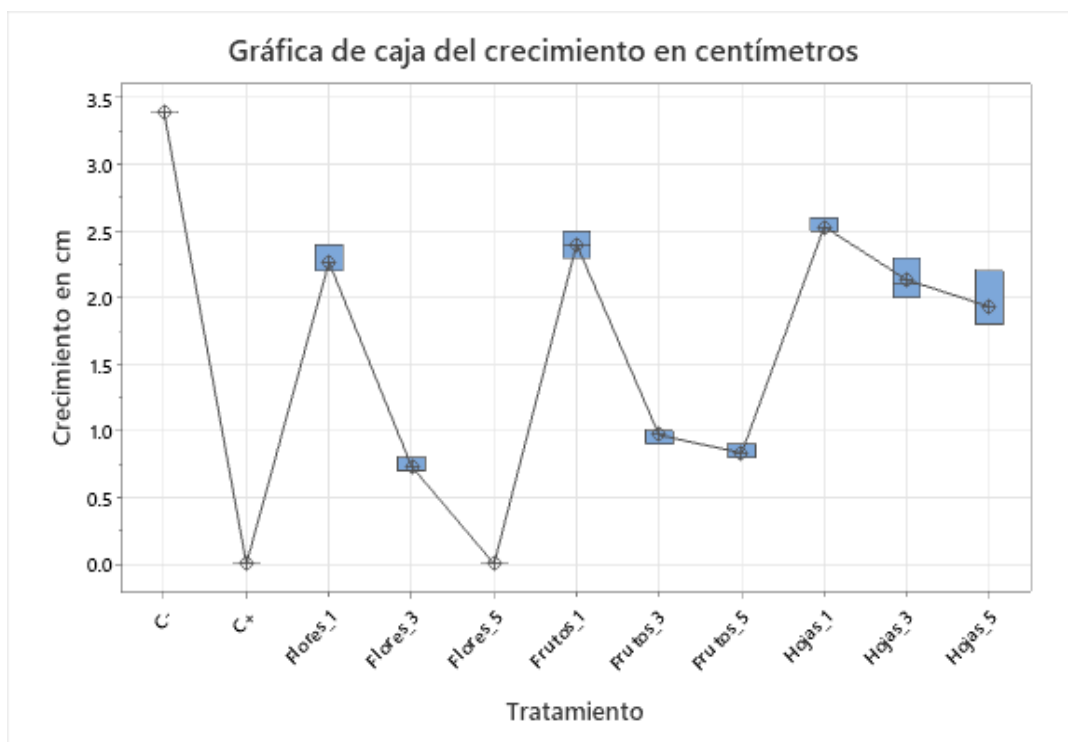


Figura 14. Comparación del crecimiento radial de *Fusarium sp.* en el día 5 mediante gráfico de cajas para los distintos tratamientos.

Tabla 9. Comparaciones múltiples de los tratamientos en el día 5 mediante la prueba de Dunn

Tratamiento	Mediana (cm)	Agrupación
C+	0.00	A
Flores_5	0.00	A
Flores_3	0.70	B
Frutos_5	0.80	B
Frutos_3	1.00	B
Hojas_5	1.80	C
Hojas_3	2.10	C
Flores_1	2.20	C
Frutos_1	2.40	C
Hojas_1	2.50	C
C-	3.40	D

La prueba de Dunn, aplicada con corrección por comparaciones múltiples, permitió identificar diferencias significativas en el crecimiento radial de *Fusarium sp.* entre los tratamientos evaluados. Los resultados indican que el control positivo y el extracto etanólico de flores al 5 %, ambos en el grupo A, lograron reducir significativamente el crecimiento del hongo en comparación con el control negativo, lo cual confirma su alta eficacia antifúngica ($p < 0.05$).

En contraste, los demás tratamientos, incluyendo otras concentraciones de extracto

de flores y los extractos de hojas y frutos, mostraron niveles de inhibición intermedios, agrupándose estadísticamente en categorías de eficacia (grupos B y C). Esto significa que, aunque estos tratamientos presentaron cierta capacidad inhibidora, las diferencias entre ellos no fueron siempre estadísticamente significativas una vez aplicado el ajuste por comparaciones múltiples.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que el extracto de flores al 5 % fue el tratamiento más prometedor, equiparando la eficacia del control positivo frente a *Fusarium sp.*

3.4. Determinación de la CMI (Concentración mínima inhibitoria)

En esta etapa del estudio se buscó determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) a partir de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. Tomando como referencia los resultados obtenidos en la evaluación cualitativa inicial, se ajustaron las concentraciones de los extractos para afinar la respuesta observada. En el caso de las flores, se aplicaron incrementos de 0.1 %, con el fin de precisar el punto mínimo en el que aún se mantenía la actividad inhibitoria. Para los frutos, se optó por variaciones de 0.5 %, con el fin de obtener una apreciación más detallada de su comportamiento antifúngico. Finalmente, para el extracto de hojas, que presentó una inhibición nula en la evaluación cualitativa, se optó por incrementos de 1.0 %, buscando identificar si concentraciones superiores podían generar algún efecto relevante. Estos resultados se verán reflejados en la tabla 10.

Tabla 10. Escala de inhibición del crecimiento micelial (ICM) de *Fusarium sp.* frente a extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. en el ensayo preliminar de CMI.

Nombre	%C	<i>Fusarium sp.</i>	Rango
Control (-)	-	ICM nula	-
Control (+)	0.1%	ICM total	
Flores	3.1%	ICM total	0.1
	3.2%	ICM total	
	3.3%	ICM total	
	3.4%	ICM total	
Frutos	5%	ICM alta	0.5
	5.5%	ICM total	
	6%	ICM total	
Hojas	6.5%	ICM total	1.0
	5%	ICM nula	
	6%	ICM nula	
	7%	ICM nula	
	8%	ICM nula	

A partir del ajuste progresivo de las concentraciones descrito anteriormente, en el que se aplicaron incrementos de 0.1 % para flores, 0.5 % para frutos y 1.0 % para hojas, conforme al comportamiento observado en la evaluación cualitativa inicial, se obtuvo el valor de CMI para flores de un 3.1 % en cuanto a las hojas, no se logró establecer una concentración mínima inhibitoria, ya que hasta el 8 % no se evidenció inhibición del crecimiento micelial, manteniéndose la actividad antifúngica como nula. Por otro lado, para el extracto de frutos fue necesario realizar una segunda aproximación, evaluando un intervalo más estrecho con aumentos de 0.1 % entre 5.0 % y 5.5 %, lo que permitió determinar con precisión su CMI en 5.2 %. Estos resultados se reflejan en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados finales de la inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium sp.* para definir la CMI de los extractos etanólicos de *Lantana camara* L. (Anexo N°14)

Nombre	%C	<i>Fusarium sp.</i>
Control (-)	-	ICM nula
Control (+)	0.1%	ICM total
	3.1%	ICM Total
Flores	3.2%	ICM Total
	3.3%	ICM Total
	3.4%	ICM Total
	5.1%	ICM alta
Frutos	5.2%	ICM total
	5.3%	ICM total
	5.4%	ICM total
	5%	ICM nula
Hojas	6%	ICM nula
	7%	ICM nula
	8%	ICM nula

3.5. Recuento de conidias

Tabla 12. Promedio de conidias de *Fusarium sp.* en respuesta a extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. evaluados en diferentes concentraciones.

Muestra	Concentración	Promedio (conidias/mL)
Flores	5%	0
	3%	6.4×10^6
	1%	1.172×10^8
Frutos	5%	1.16×10^7
	3%	1.24×10^7
	1%	2.144×10^8
Hojas	5%	3.44×10^7
	3%	7.48×10^7
	1%	3.004×10^8
Control (+)	0.1%	0
Control (-)	-	3.22×10^8

IV. DISCUSIÓN

La presente investigación evaluó de manera integral la actividad antifúngica de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. frente a *Fusarium sp.*, un hongo fitopatógeno de amplia distribución mundial y reconocido por causar pérdidas agrícolas significativas, además de su capacidad de producir micotoxinas que afectan tanto a cultivos como a consumidores. En el caso de los frutos, hojas y flores, los tres órganos presentaron un perfil fitoquímico similar (Ver tabla 5, 6 y 7), caracterizado por la presencia de compuestos fenólicos, aminoácidos, saponinas, flavonoides, leucoantocianidinas y triterpenos/esteroides. No obstante, se observaron diferencias importantes: los frutos destacaron por contener cardenólidos y, de manera exclusiva, alcaloides, metabolitos ausentes en las hojas y flores. Estos hallazgos concuerdan con lo descrito por Aguado *et al.* (2021)⁽¹²⁾ y Bashir *et al.* (2019)⁽¹³⁾, quienes también reportan la presencia de taninos, compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, terpenoides y saponinas en diversas partes de *Lantana camara* L. Asimismo, la variabilidad química observada concuerda con lo planteado por Sepúlveda-Vázquez *et al.* (2018)⁽⁵³⁾, quienes señalan que el perfil fitoquímico de una planta está determinado por el tipo de tejido, la etapa de desarrollo, su función fisiológica y diversos factores ambientales como la radiación solar, la procedencia geográfica, el nivel de estrés hídrico y el estado fenológico. En conjunto, estas condiciones influyen directamente en la biosíntesis y acumulación de metabolitos secundarios. De acuerdo con estos autores, dicha producción no es uniforme en toda la estructura vegetal: órganos jóvenes y estructuras reproductivas (flores) suelen concentrar una mayor cantidad y diversidad de MS (metabolitos secundarios) debido a su intensa actividad metabólica y a su mayor exposición a presiones ambientales.

Para evaluar la actividad antifúngica de los extractos, se emplearon diversos parámetros que permitieron una caracterización tanto cualitativa como cuantitativa. Se consideró si existía inhibición del crecimiento fúngico, se midió el crecimiento radial expresado en centímetros, se calcularon los porcentajes de inhibición en función de la concentración empleada, se determinó la concentración mínima inhibitoria (CMI), y se realizó un conteo de conidias.

En primer lugar, la evaluación cualitativa del crecimiento micelial proporcionó una visión preliminar sobre la capacidad inhibitoria de los extractos (Ver tabla 1). En esta etapa se observó que el extracto etanólico de flores ejerció inhibición total del crecimiento micelial en tres de las cuatro concentraciones evaluadas, lo que sugirió desde el inicio la presencia de metabolitos con alta potencia biológica. En contraste, los frutos mostraron únicamente inhibición parcial en concentraciones elevadas y niveles bajos de inhibición en porcentajes menores, mientras que las hojas no evidenciaron actividad antifúngica, ya que el crecimiento del hongo fue comparado con el control negativo. Esta primera aproximación

permitió orientar los rangos de concentración utilizados en los siguientes ensayos, de modo que las evaluaciones posteriores se realizaron con mayor precisión. Este enfoque metodológico, basado en el uso de placas multipozos, ha sido respaldado por diversos autores, como Navas N. *et al.* (2024)⁽⁵⁴⁾ y Linares Rivero *et al.* (2020)⁽⁵⁵⁾, quienes destacan que este tipo de metodología experimental constituye una alternativa altamente eficiente para ensayos *in vitro*, ya que facilita la obtención rápida de resultados, permite trabajar con múltiples concentraciones y diferentes extractos en una misma placa. Además, este sistema reduce significativamente el uso de reactivos, extractos y medio de cultivo, aumentando la eficiencia y el rendimiento de los procedimientos.

En cuanto a la evaluación cuantitativa del crecimiento radial (ICR) permitió no solo confirmar, sino también profundizar los patrones obtenidos en la evaluación cualitativa. Al registrar en centímetros el avance del micelio, se evidenció con mayor precisión la diferencia en la eficacia de los extractos analizados frente a *Fusarium sp.* El extracto de flores nuevamente destacó como el más efectivo, alcanzando un crecimiento radial promedio de 0.0 cm a una concentración del 5 %, equivalente a un 100 % de inhibición. Este efecto fue comparable al del control positivo (Benomil® 0.1 %), lo cual fue respaldado por las pruebas estadísticas aplicadas: el análisis de Kruskal–Wallis confirmó diferencias significativas entre tratamientos, y la prueba de Dunn situó al extracto de flores dentro del mismo rango de eficacia que el fungicida comercial. Además, los resultados obtenidos en este estudio guardan coherencia con lo reportado por Boughalleb N. *et al.* (2005)⁽⁵⁶⁾ quienes evaluaron los componentes volátiles de *Lantana camara* frente a diversos hongos fitopatógenos incluyendo especies del género *Fusarium* y observaron que los extractos provenientes de las flores fueron los más activos, superando a los extraídos de hojas y tallos. En su análisis, los componentes volátiles de las flores alcanzaron porcentajes de inhibición superiores al 38 %, mientras que las hojas mostraron actividades mucho menores, un patrón que coincide con lo registrado en nuestro trabajo, donde las flores demostraron la mayor reducción del crecimiento radial.

Por su parte, el extracto de frutos mostró un comportamiento intermedio. A la misma concentración del 5 %, el crecimiento radial promedio fue de 0.8 cm, correspondiente a un 76 % de inhibición. Aunque este extracto logró reducir el avance del micelio, su efecto fue menos pronunciado y requirió concentraciones más elevadas para aproximarse al nivel de inhibición observado con las flores.

Por otro lado, el extracto de hojas evidenció la menor actividad con un crecimiento radial promedio de 1.9 cm (44 % de inhibición), valor cercano al del control negativo. Sin embargo, es importante señalar que otros estudios sí han reportado actividad significativa en extractos de hojas de *Lantana camara* L., uno de estos estudios fue realizado por Seepe HA *et al.* (2022)⁽¹¹⁾ donde demostraron que el extracto de hojas obtenido con acetato de

etilo presentó una notable actividad antifúngica contra diversas especies del género *Fusarium*, identificando compuestos como el ácido boswélico y el lantadeno A, cuyos valores de MIC fueron ≤ 0.63 mg/mL. Estos metabolitos, aislados mediante un solvente de polaridad intermedia como el acetato de etilo, no necesariamente se extraen con la misma eficiencia en etanol, lo que podría explicar la ausencia de actividad observada en nuestro extracto etanólico de hojas. Este planteamiento es consistente con lo expuesto por Pinzón-Sánchez J (2010)⁽⁵⁷⁾, quien concluyó que la eficacia biológica de un extracto depende en gran medida del solvente utilizado, demostrando que, aunque el extracto etanólico puede mostrar actividad inicial, es la fracción obtenida con acetato de etilo la que concentra los principios activos con mayor potencia antimicrobiana. Podemos decir que la nula actividad antifúngica observada en las hojas en este estudio no debe interpretarse como ausencia de compuestos bioactivos, sino más bien como el resultado del solvente utilizado durante la extracción, el cual probablemente no fue el más eficiente para recuperar los metabolitos responsables de la actividad reportada en otras investigaciones. En este sentido, nuestros resultados coinciden con lo sugerido por Ramírez C. *et al.* (2023)⁽⁵⁸⁾, quienes señalan que extractos o fracciones con niveles de inhibición superiores al 70 % pueden ser considerados de alta actividad antifúngica, criterio que los extractos de flores y frutos cumplen satisfactoriamente.

Como complemento al análisis del crecimiento radial, el recuento de conidias permitió evaluar la capacidad de *Fusarium sp.* para reproducirse bajo la acción de los extractos (Ver tabla 12). El extracto de flores mostró nuevamente la mayor eficacia, a la concentración del 5% se obtuvo un valor de 0 conidias/mL, equivalente a una inhibición total de la esporulación, resultado comparable al control positivo. Incluso a 3 %, la reducción fue considerable (6.4×10^6 conidias/mL), muy por debajo del control negativo (3.22×10^8 conidias/mL). En los frutos, aunque no se logró inhibición total, las concentraciones del 5 % y 3 % disminuyeron la esporulación a 1.16×10^7 y 1.24×10^7 conidias/mL, respectivamente, lo que coincide con su patrón de inhibición intermedio. Por su parte, las hojas mantuvieron valores elevados en todas las concentraciones evaluadas (3.44×10^7 a 5 %, 7.48×10^7 a 3 % y 3.00×10^8 a 1 %), comportamiento cercano al del control negativo. Esta tendencia guarda relación con lo descrito por Sánchez G. *et al.* (2015)⁽⁵⁹⁾, quienes señalan que la respuesta de *Fusarium* frente a extractos vegetales depende tanto del tipo de metabolito como de la concentración empleada. Según estos autores, ciertos extractos ejercen un efecto más marcado sobre la inhibición del crecimiento micelial, mientras que otros actúan principalmente reduciendo la formación de conidias.

Los resultados obtenidos en este estudio pueden entenderse considerando los mecanismos de acción que ejercen los metabolitos secundarios sobre los hongos fitopatógenos, los cuales han sido ampliamente descritos por Lagrouh F *et al.* (2017)⁽⁶⁰⁾. Dentro de estos

metabolitos, los terpenos, particularmente los triterpenos y esteroides, los cuales fueron identificados en los extractos evaluados, se destacan por su capacidad para alterar la estabilidad de la membrana celular de los hongos, afectando también la función mitocondrial. Estos compuestos pueden provocar la despolarización del potencial mitocondrial y bloquear la actividad de la ATPasa, lo que reduce la energía disponible para procesos celulares fundamentales. De forma complementaria, los compuestos fenólicos actúan principalmente sobre la membrana y pared celular del hongo causando su ruptura. Dependiendo de la concentración, también pueden inducir la despolarización mitocondrial, afectando procesos respiratorios esenciales para el desarrollo del patógeno. De igual manera, algunos compuestos nitrogenados, especialmente los alcaloides presentes de forma exclusiva en los frutos, también contribuyen a la actividad antifúngica al modificar estructuras fundamentales como la membrana y la pared celulares de los hongos. Por último, las saponinas, metabolitos pertenecientes a la familia de los terpenos también cobran importancia en la actividad antifúngica observada. Estos compuestos se caracterizan por su capacidad para unirse a los esteroides de la membrana fúngica, como el ergosterol, formando complejos que alteran su permeabilidad y generan la pérdida de componentes celulares. Estudios como el de Coleman *et al.* (2010)⁽⁶¹⁾ han demostrado que este mecanismo afecta directamente la viabilidad del hongo.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis fitoquímico del extracto etanólico de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L. confirmó la presencia de metabolitos secundarios como grupos fenólicos libres, flavonoides, leucoantocianidinas, saponinas, aminoácidos y triterpenos/esteroides, además de cardenólidos y alcaloides exclusivos en los frutos.
2. Los extractos etanólicos de *Lantana camara* L. evidenciaron actividad antifúngica relevante frente a *Fusarium sp.* en la evaluación cuantitativa, destacando el extracto de flores, que alcanzó un 100 % de inhibición del crecimiento radial y ausencia de conidias a la concentración del 5 %, posicionándose como el órgano con mayor potencial biológico. Por otro lado, el extracto etanólico de frutos mostró una actividad antifúngica intermedia (76 % inhibición), mientras que del extracto etanólico de hojas registró baja actividad antifúngica (44 % de inhibición), lo cual no implica ausencia de compuestos activos, sino una menor eficiencia del solvente etanólico.
3. El extracto de flores fue el más potente, alcanzando una CMI de 3.1 %, mientras que el extracto de frutos mostró una CMI de 5.2 %. Por su parte, el extracto etanólico de hojas no logró inhibir el crecimiento del hongo en ninguna de las concentraciones evaluadas; incluso al incrementar la concentración hasta 8 %, la inhibición del crecimiento micelial fue nula.
4. En el recuento de conidias se observó nuevamente que el extracto de flores fue el más efectivo, ya que a una concentración del 5% no se detectó producción de conidias (0 conidias/mL), resultado equivalente al control positivo. A concentraciones menores (3 % y 1 %), la cantidad de conidias aumentó progresivamente, alcanzando $6,4 \times 10^6$ y 1.172×10^8 conidias/mL, respectivamente. En el caso de los frutos, el extracto mostró una reducción parcial de la esporulación, registrándose 1.16×10^7 y 1.24×10^7 conidias/mL a 5 % y 3 % respectivamente, mientras que a 1 % se obtuvo 2.14×10^8 conidias/mL. Por otro lado, el extracto de hojas fue el menos efectivo, ya que incluso a 5 % se cuantificaron 3.44×10^7 conidias/mL, incrementándose a 7.48×10^7 y 3.04×10^8 conidias/mL en las concentraciones del 3 % y 1 %, respectivamente.
5. Los hallazgos de este estudio muestran que los extractos etanólicos de *Lantana camara* L., en especial los de flores, constituyen una opción natural, viable y ambientalmente amigable para el manejo de *Fusarium sp.* Su uso podría disminuir la dependencia de fungicidas químicos, promoviendo una agricultura más sostenible, segura para los agricultores y menos perjudicial para el ecosistema.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Explorar la actividad biológica de los extractos de *Lantana camara* L. frente a otros hongos fitopatógenos de importancia agrícola, como *Lasiodiplodia sp.*, *Botrytis sp.*, *Alternaria sp.* y *Aspergillus sp.*, así como evaluar su efecto sobre bacterias, nemátodos e insectos. Esto permitirá definir con mayor precisión el rango de acción de la especie y su potencial aplicación dentro de diversas estrategias de protección vegetal.
- ✓ Se recomienda investigar la actividad de extractos obtenidos con solventes de distinta polaridad, especialmente aquellos que han mostrado mayor eficacia en la literatura, como el acetato de etilo o el metanol, con el propósito de identificar fracciones con una concentración superior de metabolitos bioactivos y así mejorar el rendimiento antifúngico observado.
- ✓ Realizar pruebas directamente en campo para confirmar los resultados obtenidos en laboratorio, tomando en cuenta condiciones reales como temperatura, humedad, radiación solar y tipo de suelo. Esto permitirá determinar con mayor precisión el potencial de *Lantana camara* L. como agente de biocontrol y evaluar su viabilidad dentro de prácticas agrícolas más seguras.
- ✓ Explorar la actividad antifúngica en otras especies del género *Lantana*, considerando que, aunque muchas de ellas son catalogadas como malezas invasoras, podrían albergar un potencial antifúngico igual o incluso superior al observado en *Lantana camara* L. Profundizar en estas especies permitiría revalorizar plantas usualmente subestimadas y aprovechar sus metabolitos secundarios como recurso natural para el control de hongos fitopatógenos, ampliando así las alternativas sostenibles para la protección de cultivos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Panamericana de la Salud. Situación de las plantas medicinales en Perú: Informe de reunión del grupo de expertos en plantas medicinales [Internet]. Lima: OPS; 2019 [citado 24 de octubre de 2025]. Disponible en: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/50479/OPSPER19001_spa.pdf
2. Organización Mundial de la Salud. Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023 [Internet]. OMS. 2013 [citado 24 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/a568c1ad-44fb-43e2-85df-657bbcbd1515/content>
3. Doehlemann G., Ökmen B., Zhu W., Sharon A. Hongos Fitopatógenos. Microbiology Spectrum [Internet]. 2017 [citado 24 de octubre de 2025];5(1). Disponible en: https://journals.asm.org/doi/10.1128/microbiolspec.funk-0023-2016?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
4. Peng Y, Li S, Yan J, Tang Y, Cheng JP, Gao AJ, *et al.* Avances en la investigación sobre hongos fitopatógenos y su función como agentes de biocontrol. Frontiers in Microbiology [Internet]. 2021 [citado 24 de octubre de 2025];12. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8192705/>
5. Agro en Ica creció 18.4% en el primer trimestre de 2025 [Internet]. Instituto Peruano de Economía. 2025 [citado 26 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://ipe.org.pe/agro-en-ica-crecio-18-4-en-el-primer-trimestre-de-2025/>
6. MIDAGRI: Más 700 mil toneladas de productos hortofrutícolas de Ica conquistan 75 mercados internacionales [Internet]. Wwww.gob.pe. 2025 [citado 26 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/1143353-midagri-mas-700-mil-toneladas-de-productos-hortofruticolas-de-ica-conquistan-75-mercados-internacionales>
7. Zakaria L. Especies de *Fusarium* asociadas con enfermedades de los principales cultivos frutales tropicales. Horticulturae [Internet]. 2023 [citado 26 de octubre de 2025];9(3):322. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/3/322>
8. Kato-Noguchi H, Kurniadie D. Alelopatía de *Lantana camara* como planta invasora. Plantas [Internet]. 2021 [citado 26 de octubre de 2025];10(5):1028. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/5/1028>
9. Ramírez J, Armijos C, Espinosa-Ortega N, Castillo LN, Vidari G. Etnobotánica, fitoquímica y actividad biológica de extractos y compuestos no volátiles de *Lantana camara* L. y derivados semisintéticos: una revisión actualizada. Molecules [Internet]. 12 de febrero de 2025 [citado 26 de octubre de 2025];30(4):851. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/30/4/851>

10. Marques A, Gama L, Mendes A, Danilo F, Lima D, Vasconcelos P, *et al.* Estudio fitoquímico de flores de *Lantana camara*, ecotoxicidad, antioxidante, acetilcolinesterasa *in vitro* e *in silico* : acoplamiento molecular, MD y cálculos de MM/GBSA. *Journal of biomolecular structure and dynamics* [Internet]. 2023 [citado 26 de octubre de 2025];41(19): 9282-96. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36326114/>
11. Seepe HA, Raphoko L, Amoo SO, Nxumalo W. El lantadeno A y el ácido boswélico aislados de las hojas de *Lantana camara* L. tienen el potencial de controlar especies fitopatógenas de *Fusarium*. *Heliyon* [Internet]. 2022 [citado 26 de octubre de 2025];8(12):e12216. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022035046?via%3Dihub>
12. Aguado MI, Torres CA, Vonka CA, Nuñez MB. Evaluación preliminar de la fitoquímica, actividad antibacteriana y toxicidad *in vitro* de *Lantana camara* L. (Verbenaceae). *Dominguezia*. [Internet]. 2021 [citado 26 de octubre de 2025];37(2): 29-37. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/173409>
13. Bashir S, Jabeen K, Iqbal S, Javed S, Naeem A. *Lantana camara*: Análisis fitoquímico y prospectiva antifúngica. *Planta Daninha* [Internet]. 2019 [citado 26 de octubre de 2025];37. Disponible en: https://awsjournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/0100-8358-PD-37-e019193526/0100-8358-PD-37-e019193526.pdf
14. Requelme Bautista MC. Efecto antibacteriano *in vitro* del extracto etanólico de hojas de *Lantana camara* (hierba de la maestranza) sobre *Staphylococcus aureus*. [Internet] [Tesis de pregrado]. Universidad Católica los Ángeles Chimbote; 2020 [citado 28 de octubre de 2025]. Disponible en: https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/25320/LANTANA_CAMARA_REQUELME_BAUTISTA_MADELEINE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Pérez Cruz AL. Efecto larvicida de diferentes concentraciones del extracto etanólico de *Lantana camara* (Verbenaceae) en una población natural de *Aedes aegypti* bajo condiciones experimentales [Internet] [Tesis de pregrado]. [Universidad Nacional de Trujillo]; 2016 [consultado el 15 de abril de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unitru.edu.pe/entities/publication/cbb7609a-0114-481e-a570-2268c8c47497>
16. González A, Villalobos V, Pereyra G, Rengifo E, Marín O, Tezara W. Comparación ecofisiológica de tres especies del género *Lantana* L. (Verbenaceae). *Acta Botánica Venezolana* [Internet]. 2009 [citado 28 de octubre de 2025];32(2):417–32. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0084-59062009000200006&script=sci_arttext

17. Rotman AD. *Lantana lundiana* y *L. velutina* (Verbenaceae), nuevos registros para Argentina y Paraguay. Darwiniana [Internet]. 2006 [citado 28 de octubre de 2025];44(2):514–8. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/669/66944214.pdf>
18. Matienzo Y, Ramos B, Rijo E. Revisión bibliográfica sobre *Lantana camara* L. una amenaza para la ganadería. Fitosanidad [Internet]. 2003 [citado 29 de octubre de 2025]; 7(4):45–55. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209118173010.pdf>
19. Shah MM, Alharby HF, Hakeem KR, Munawar M. A comprehensive review on *Lantana camara*: an important medicinal and ornamental plant. Life Sci J [Internet]. 2024 [citado 29 de octubre de 2025];21(3):10-7. Disponible en: doi:10.7537/marslsj210324.02.
20. Day MD, Zalucki MP. *Lantana camara* Linn. (Verbenaceae). En: Biological Control of Tropical Weeds Using Arthropods. Cambridge University Press [Internet]. 2009 [Citado 3 de noviembre de 2025]; p. 211–46. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/29660764_Lantana_camara_Linn_Verbenaceae
21. Battase L, Attarde D. phytochemical and medicinal study of *Lantana camara* linn. (verbenaceae) - a review. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research [Internet]. 2019 [citado el 5 de noviembre de 2025];12(12):10–20. Disponible en: DOI: [10.22159/ajpcr.2019.v12i12.35662](https://doi.org/10.22159/ajpcr.2019.v12i12.35662)
22. García Hernández E. Género *Lantana*: Etnobotánica, Fitoquímica y Actividades Biológicas. [Internet] [Tesina]. Universidad Nacional Autónoma de México [Internet]. 2008 [citado 4 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2008/noviembre/0636831/0636831.pdf>
23. Al-Snafi AE. Chemical constituents and pharmacological activities of *Lantana camara* – a review. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research [Internet]. 2019 [citado el 5 de noviembre de 2025];12(12):10–20. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/337971331_CHEMICAL_CONSTITUENTS_AND_PHARMACOLOGICAL_ACTIVITIES_OF_LANTANA_CAMARA_-_A_REVIEW
24. Aguado MI, Torres CA, Vonka CA, Nuñez MB. Evaluación preliminar de la fitoquímica, actividad antibacteriana y toxicidad de *Lantana camara* L. (Verbenaceae). Dominguezia [Internet]. 2021 [Citado 4 de noviembre de 2025] ;37(2):29-37. Disponible en: <https://ojs.dominguezia.org/index.php/Dominguezia/article/view/269/410>
25. Siddiqui A, Moid H. An Introduction on Phytochemical Analysis and their Types. Der Pharm Lett [Internet]. 2022 [citado 5 de noviembre de 2025];14(2):01-5. Disponible en: <https://www.scholarsresearchlibrary.com/articles/an-introduction-on-phytochemical->

[analysis-and-their-types.pdf](#)

26. Rao A, Kumari S, Laura JS, Dhania G. Análisis fitoquímico cualitativo de plantas medicinales mediante extractos con diferentes solventes. *Oriental Journal of Chemistry* [Internet]. 2023 [citado el 5 de noviembre de 2025];39(3). Disponible en: <https://www.orientjchem.org/vol39no3/qualitative-phytochemical-screening-of-medicinal-plants-using-different-solvent-extracts/>
27. Cepero de García MC, Restrepo Restrepo S, Franco-Molano AE, Cárdenas Toquica M, Vargas Estupiñán N. Generalidades. En: *Biología de Hongos* [Internet]. Uniandes; 2012 [citado el 6 de noviembre del 2025]. pag. 1–4. Disponible en: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789586957946_A25397967/preview-9789586957946_A25397967.pdf
28. Madigan MT, Martinko JM, Bender KS, Buckley DH, Stahl DA. Diversidad de los organismos eucariotas. En: *Brock Biología de los Microorganismos* [Internet]. Pearson Educación; 2015 [citado el 6 de noviembre de 2025]. pag. 583–603. Disponible en: https://ead.undav.edu.ar/pluginfile.php/1720017/mod_resource/content/0/Brock.%20Biologia%20de%20los%20microorganismos%20%282015%29.pdf
29. Estrada Salazar GI, Ramírez Galeano MC. *Micología general* [Internet]. Centro Editorial Universidad Católica de Manizales; 2019 [citado el 7 de noviembre del 2025]. Disponible en: <https://repositorio.ucm.edu.co/entities/publication/55f2ee49-23a3-4220-948e-484336c5df40>
30. Ormeño S. *Introducción a los hongos fitopatógenos* [Internet]. 1ª ed. Madrid: Autor; 2024. [citado el 7 de Noviembre del 2025]. Disponible en: <https://oa.upm.es/82782/1/HongosFitopatogenos.pdf>
31. Srivastava S, Kadooka C, Uchida J. *Fusarium* species as pathogen on orchids. *Microbiological Research* [Internet]. 2018 [citado 9 de noviembre del 2025]; 207: 188–195. Disponible de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501317307218?via%3Dihub>
32. Blanco M, Castro O, Umaña G. Estudio preliminar de especies de *Fusarium* presentes en piña (*Ananas comosus*) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* [Internet]. 2022 [citado el 9 de noviembre del 2025];46(1). Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242022000100047
33. Carrera-Sánchez K, Suntasig-Negrete ER, Manobanda-Pinto PM, Dominguez-Brito J. Caracterización cultural, morfológica y fisiológica de *Fusarium* spp. en pitahaya, Palora, Ecuador. *Agroecología Global* [Internet]. [citado el 9 de noviembre del 2025]; 7(12). Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-02902025000100073

34. Jangir P, Mehra N, Sharma K, Singh N, Rani M, Kapoor R. Genes secretados en el xilema: Impulsores de la adaptación del huésped en *Fusarium oxysporum*. *Frontiers in Plant Science* [Internet]. 2021 [citado el 10 de noviembre de 2025];12. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.628611/full#B56>
35. Ekwomadu TI, Mwanza M. Patógenos fúngicos del género *Fusarium*: identificación, efectos adversos, manejo de enfermedades y seguridad alimentaria mundial: una revisión de las investigaciones más recientes. *Agriculture* [Internet]. 1 de septiembre de 2023 [citado el 10 de noviembre de 2025];13(9):1810. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/9/1810>
36. Hudson O, Fulton J, Dong A, Dufault N, Ali M. *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum Molecular Diagnostics Past, Present and Future. *Int J Mol Sci.* [Internet]. 2021 [citado el 10 de noviembre de 2025];22(18):9735. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8468614/>
37. Ajmal M, Hussain A, Ali A, Chen H, Lin H. Estrategias para el control de la esporulación en *Fusarium spp.* *Journal of Fungi* [Internet]. 2022 [citado el 11 de noviembre de 2025];9(1):10. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/translate.goog/articles/PMC9861637/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc#B91-jof-09-00010
38. Pal N, Kumar A, Malannavar AB. Effect of temperature and pH levels on the growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f.sp. lini causing linseed wilt. *International Journal of Chemical Studies* [Internet]. 2019 [citado el 11 de noviembre de 2025];7(3):4494-4497. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334273796_Effect_of_temperature_and_pH_levels_on_the_growth_and_sporulation_of_Fusarium_oxysporum_fsp_lini_causing_linseed_wilt
39. Nucci M, Anaissie E. Infecciones por *Fusarium* en pacientes inmunocomprometidos. *Clinical Microbiology Reviews* [Internet]. 2007 [citado el 11 de noviembre de 2025];20(4):695–704. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2176050/>
40. Alarcón J. Estudio fitoquímico y evaluación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de Hojas de la especie *Tristerix chodatianus* (Patschovsky) Kuijt “Pupa”. [Tesis Pregrado]. Perú: Universidad Nacional San Luis Gonzaga, 2021 [citado el 11 de noviembre de 2025]. 97p. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/382bd0ee-9380-4d84-983a-a0f895074d77/content>

41. Lock de Ugaz O. Investigación fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales. 3ªed. Perú: PUCP; 2016. 287 p.
42. Huayama Abad BN, Ramirez Aguirre LL. Identificación preliminar de los metabolitos secundarios del fruto de *Ficus insípida* “Ojé” proveniente de las ciudades de Tarapoto y Juanjuí de la selva de Perú [Internet] [Tesis pregrado]. Perú. Universidad María Auxiliadora; 2019 [citado el 13 de noviembre de 2025]. 44p. Disponible en: <https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/363/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
43. Menes J, Garmendia G, Martínez A, Vero S. Manual de prácticas de microbiología general [Internet]. Montevideo: Universidad de la República de Paraguay; 2022 [citado el 14 de noviembre del 2025]. Disponible en: <https://www.cse.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2024/05/Manual-de-practicas-de-Microbiologia.pdf>
44. García S, Morel M, Moya J, Avilés E, Nuñez P, Matos L. Aislamiento de hongos fitopatógenos de las principales zonas de producción de vegetales bajo ambiente protegido de la República Dominicana. APF [Internet]. 2021 [citado el 14 de noviembre del 2025];10(1):1-10. Disponible en: <https://www.sodias.org.do/apf/index.php/apf/article/view/125/110>
45. Rivero González D, Cruz Triana A, Martínez Coca B, Ramírez Arrebató MA, Rodríguez Pedroso AT. Actividad antifúngica *in vitro* de la quitosana Sigma frente a hongos fitopatógenos causantes del manchado del grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Fitosanidad [Internet]. 2009 [citado el 16 de noviembre del 2025];13(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000200005
46. Arce-Araya C, Varela-Benavides I, Torres-Portuguez S. Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). Agronomía Mesoamericana [Internet]. 2019 [citado el 16 de noviembre del 2025];30(2):381-393. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>
47. Bustamante K, Custode A, Herrera S, Jaramillo E, Berrezueta S. Potencial antifúngico de extractos de plantas y aceites esenciales contra *Fusarium incarnatum*. Pol. Con [Internet] 2023 [citado el 16 de noviembre del 2025];8(10):534-551. Disponible de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9205920>
48. Cáceres Iparraguirre H, Bendezu Ramos A, Chávez Orellana H, Surco-Laos F, García C JA. Actividad antifúngica de extractos vegetales contra *Botrytis cinerea*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Fusarium sp.*: Eficacia en el control de *Erysiphe necator* y efecto fitotóxico en semillas de trigo. Scientia Agropecuaria [Internet]. 2025 [citado el 17 de noviembre del 2025];16(4). Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/6690/6896>
49. Ojito-Ramos K, Castañeda Bauta R, Portal O, Espinosa Ruiz R. Actividad antifúngica

- in vitro* de extractos de plantas frente a hongos fitopatógenos de tomate y frijol común. Centro Agrícola [Internet]. 2020 [citado el 17 de noviembre del 2025];47(supl.1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000500049
50. Salas-Gómez AL, Espinoza Ahumada CA, Castillo Godina RG, Ascacio-Valdés JA, Rodríguez-Herrera R, Segura Martínez MT de J, *et al.* Antifungal *In vitro* Activity of Phoradendron sp. Extracts on Fungal Isolates from Tomato Crop. Plants (Basel) [Internet]. 2023 [citado el 17 de noviembre del 2025];12(3):672. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9921527/>
51. Castro López W, Carrera Sanchez K, Herrera Isla FL, Cupull Santana R. Identificación de aislados de *Fusarium spp.* asociados a Solanum quitoense Lam en Pastaza, Ecuador. Centro Agrícola [Internet]. 2018 [citado el 17 de noviembre del 2025];45(4). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400005
52. Gómez Ramírez H, Zapata Granja A, Torres Del Aguila E, Tenorio Cantoral M. Manual de Producción y Uso de Hongos Entomopatógenos [Internet]. SENASA; 2014 [Internet]. SENASA; 2014 [citado el 17 de noviembre del 2025]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2017/09/Manual-de-Producci%C3%83%C2%B3n-y-Uso-de-Hongos-Entomopat%C3%83%C2%B3genos.pdf>
53. Sepúlveda-Vázquez J, Torres-Acosta JF, Sandoval-Castro CA, Martínez-Puc JF, Chan-Pérez JI. La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. Journal of the Selva Andina Animal Science [Internet]. 2018 [citado el 23 de noviembre del 2025];5(2):79–95. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2311-25812018000200004&script=sci_arttext
54. Navas N, Jarrín P. Potencial biofungicida del extracto orgánico de Commelina diffusa contra Mycosphaerella fijiensis, agente causal de la sigatoka negra en el cultivo de banano. [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. 2024 [citado el 23 de noviembre del 2025].94p. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28761/1/UPS-GT005610.pdf>
55. Linares Rivero C, Quiñones-Gálvez J, Pérez Martínez AT, Carvajal Ortiz CC, Cid Valdéz GA, Pérez Gómez L, *et al.* Actividad antimicrobiana *in vitro* de extractos etanólicos foliares de Moringa oleifera Lam frente a hongos fitopatógenos. Revista de Protección Vegetal [Internet]. 2020 [citado el 23 de noviembre del 2025];35(2). Disponible en: <http://revistas.censa.edu.cu/index.php/RPV/article/view/1089/1605>
56. Boughalleb N, Débbabi N, Ben Jannet H, Mighri Z, Mahjoub ME. Antifungal activity

- of volatile components extracted from leaves, stems and flowers of four plants growing in Tunisia. *Phytopathol Mediterr*. 2005 [citado el 24 de noviembre de 2025];44(3):307–312. Disponible en: <https://oajournals.fupress.net/index.php/pm/article/view/5143/5141>
57. Pinzón Sánchez JJ. Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto de anís estrellado (*Illicium verum*) contra *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli* [Tesis de Pregrado]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2010 [citado el 24 de noviembre de 2025]. Disponible en: <https://apidspace.javeriana.edu.co/server/api/core/bitstreams/9a099558-d472-4714-a76e-d6f99435695e/content>
58. Ramírez López CB, Pérez-Mayorga S, Ramírez Briones E, Macías Rodríguez R, Salcedo-Pérez E. Efecto antifúngico y estudio químico de *Eysenhardtia polystachya* (Fabaceae) sobre *Phanerochaete chrysosporium* y *Ganoderma lucidum*. *Rev. Mex. Cienc. Agrí* [Internet]. 2023 [citado el 24 de noviembre de 2025];14(8). Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342023000800003&lang=pt
59. Sánchez-León G, Vargas-Rincón A, Jiménez P. Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos de dos morfotipos de *Raphanus raphanistrum* L. sobre tres hongos fitopatógenos. *Bioagro*. [Internet]. 2015 [citado el 24 de noviembre del 2025];27(1):2–10. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000100001
60. Lagrouh F, Dakka N, Bakri Y. The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants. *Journal de Mycologie Médicale*. [Internet]. 2017 [citado el 24 de noviembre del 2025];27(3):303–11. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1156523316303171#bib0130>
61. Coleman JJ, Okoli I, Tegos GP, Holson EB, Wagner FF, Hamblin MR, Mylonakis E. Characterization of plant-derived saponin natural products against *Candida albicans*. *ACS Chemical Biology* [Internet]. 2010 [citado el 24 de noviembre del 2025];5(3):321–32. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2965462/>

VIII. ANEXOS

ANEXO N°1

Certificación botánica

CERTIFICACIÓN BOTÁNICA

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

El Blgo. Que, suscribe ha determinado que, la muestra biológica presentada por el bachiller en Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" **MUÑANTE LOVERA TAMARA GERALDINE**, con DNI N° 72312821, para su clasificación taxonómica, la misma que pertenece al nombre científico de *Lantana camara* (L) "siete colores/flor de fuego", según Sistema de Clasificación de Arthur Cronquist, (1988).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE: ASTERIDAE

ORDEN: LAMIALES

FAMILIA: VERBENACEAE

GENERO: Lantana

ESPECIE: *Lantana cámara* (L)

N.V. "siete colores/flor de fuego"

Se emite la presente certificación a solicitud del interesado para fines de estudio.

Ica, 11 de abril 2025


Dr. Miranda ~~Miranda~~ David Maximiliano
 BIÓLOGO
CBP. 3681

ANEXO N°2
Tratamiento de la muestra



Recolección



Selección



Limpieza



Secado de frutos



Secado de flores



Secado de hojas

ANEXO N°3

Obtención de extractos etanólicos



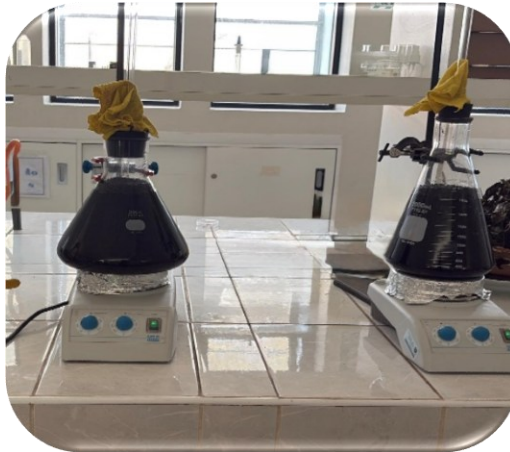
Maceración de hojas



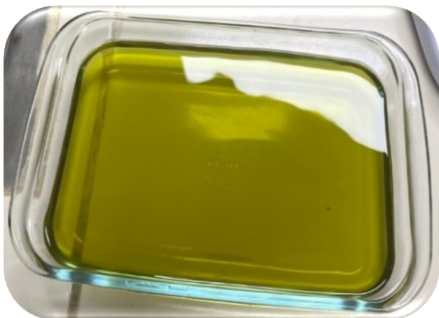
Maceración de flores



Maceración de frutos



Extracción por reflujo



Secado del extracto de flores



Secado del extracto de frutos

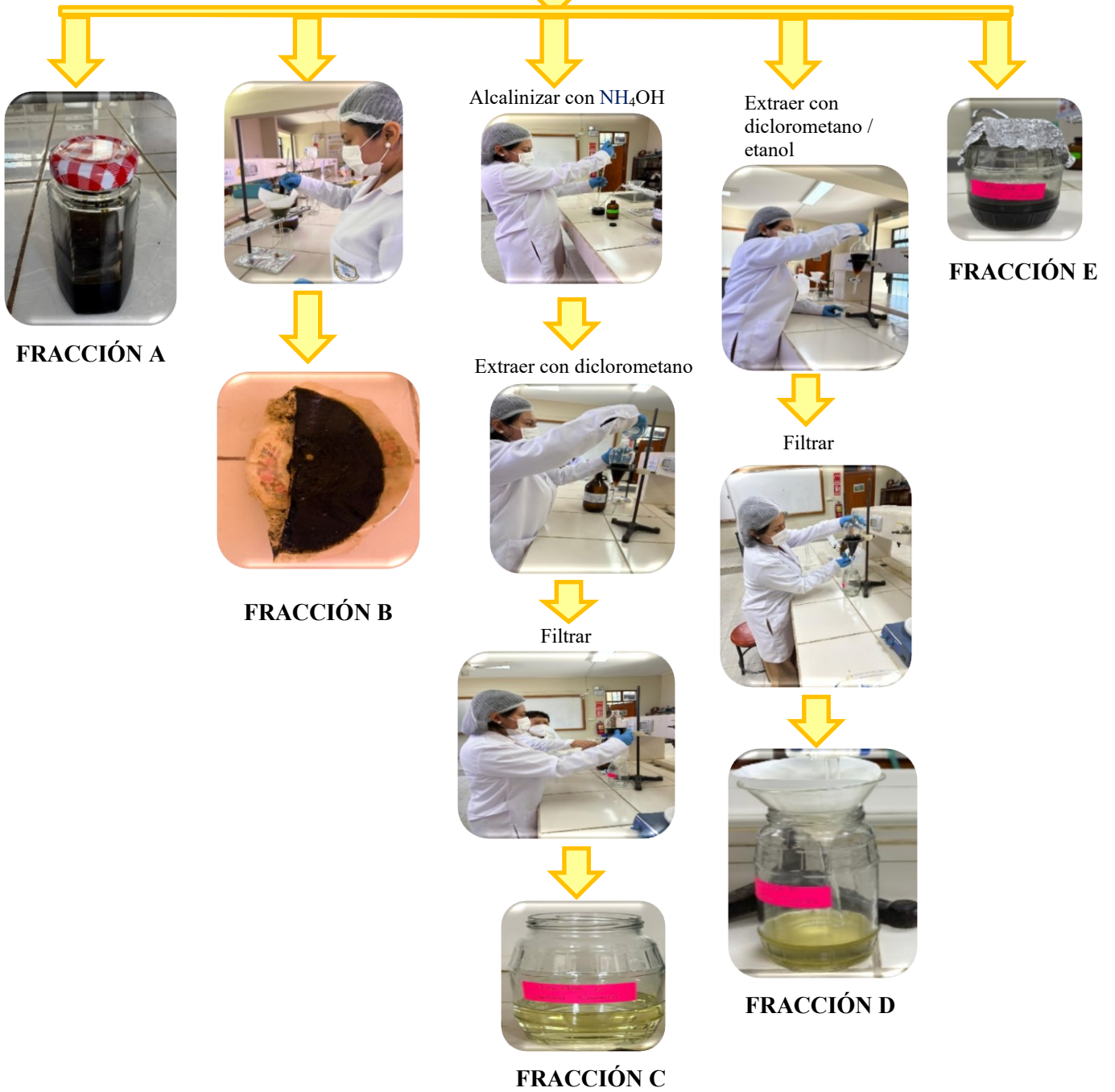


Secado del extracto de hojas

ANEXO N°4

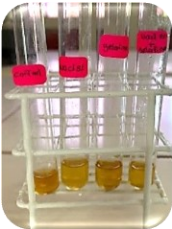
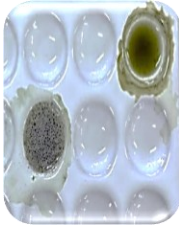


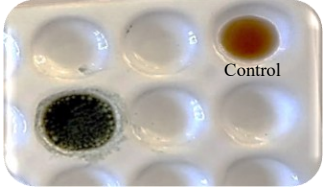

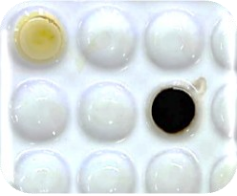



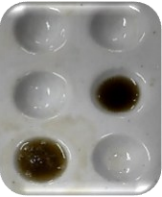
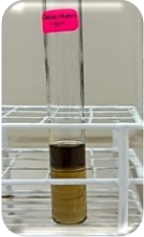

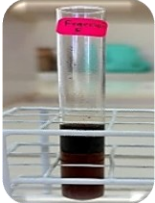
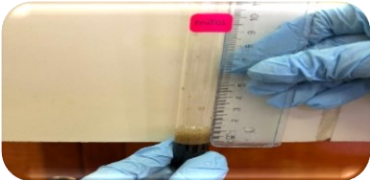


Obtención de fracciones



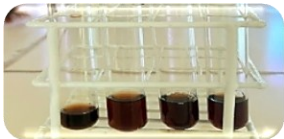
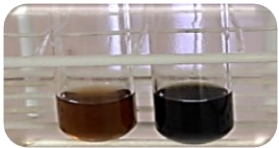

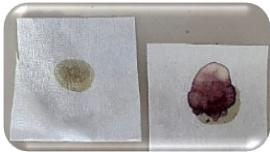

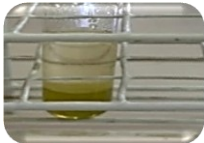




ANEXO N°5

Screening fitoquímico del extracto etanólico de frutos de *Lantana camara* L.

FRACCIÓN A	Rx. Gelatina-sal	Rx. Shinoda	Rx. FeCl ₃	Rx. Ninhidrina	
					
	Rx. Libermann Burchard	Rx. Borntranger			
					
FRACCIÓN C	Rx. Libermann Burchard	Rx. Kedde	Rx. Dragendorff, Mayer y Wagner		
				Rx. Libermann Burchard	
FRACCIÓN D	Rx. Dragendorff, Mayer y Wagner	Rx. Kedde	Rx. Shinoda	Rx. Rosenheim	
					
	Rx. Shinoda	Rx. Rosenheim			
FRACCIÓN E	Rx. Shinoda	Rx. Rosenheim			
					
FRACCIÓN F	Saponinas				
					


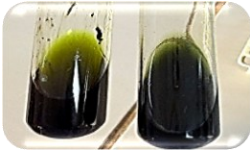


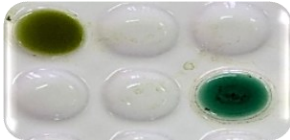


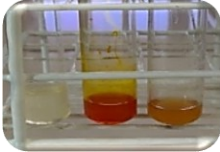


ANEXO N°6

Reacciones de coloración y precipitación del extracto etanólico de flores de *Lantana camara* L.

Rx. Gelatina	
Rx. FeCl3	
Rx. Shinoda	
Rx. Ninhidrina	
Rx. Lieberman Burchard	
Rx. Borntranger	
Rx. Kedde	
Rx. Dragendorff, Mayer y Wagner	
Rx. Rosenheim	
Prueba de la espuma	

ANEXO N°7

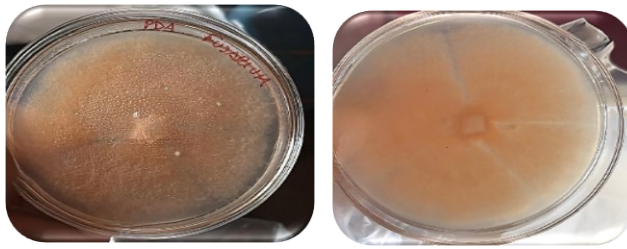
Reacciones de coloración y precipitación del extracto etanólico de hojas de *Lantana camara* L.

Rx. Gelatina	
Rx. FeCl3	
Rx. Shinoda	
Rx. Ninhidrina	
Rx. Lieberman Burchad	
Rx. Borntranger	
Rx. Kedde	
Rx. Dragendorff, Mayer y Wagner	
Rx. Rosenheim	
Prueba de la espuma	

ANEXO N°8

Replicación de la cepa fúngica de *Fusarium sp.*

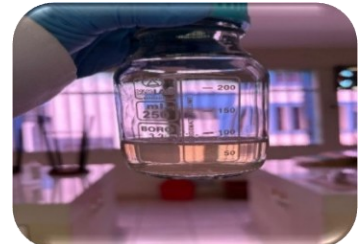
Obtención de la cepa madre fúngica



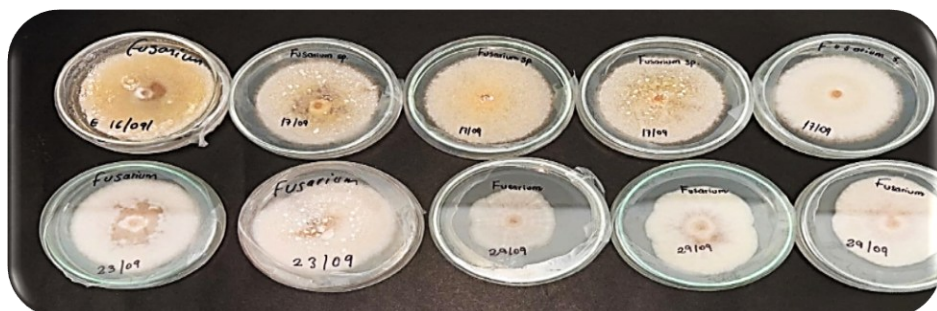
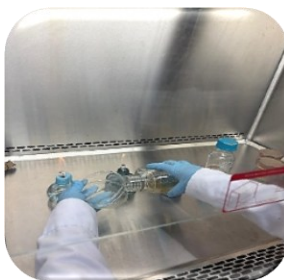
Preparación de los materiales a esterilizar



Preparación del medio de cultivo (PDA)

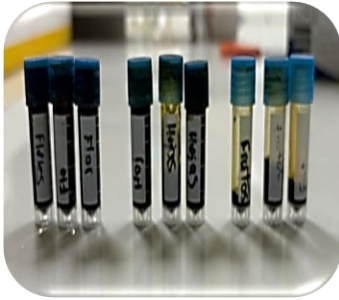


Replicación de la cepa fúngica



ANEXO N°9

Evaluación cualitativa



Preparación de los extractos



Depositar 300 μ L del extracto y homogeneizar con 5mL de PDA



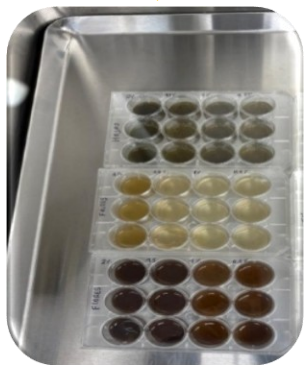
Con la ayuda de la micropipeta colocar la mezcla en cada pozo



Depositar las conidias en la solución salina



Realizar un raspado superficial al hongo



Esperar a que solidifique



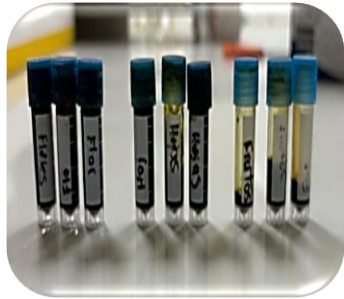
Poner una muestra de la suspensión en la cámara neubauer y se lleva a conteo.



Inocular 45 μ L de la suspensión y sellar con Parafilm.

ANEXO N° 10

Evaluación cuantitativa



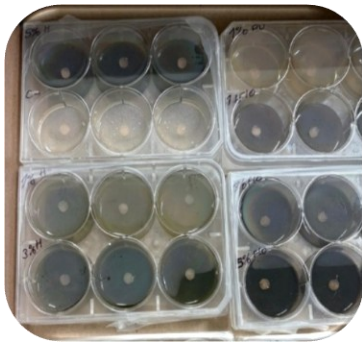
Preparación de los extractos



Depositar 1000 μ L del extracto en la placa petri



Homogeneizar con 10 mL de PDA



Sellar con Parafilm y llevar a la incubadora a 25 ± 2 °C por un periodo de 5 días.



Colocar discos de micelio de 7mm en el centro de cada pozo



Con la ayuda de la micropipeta colocar la mezcla en cada pozo

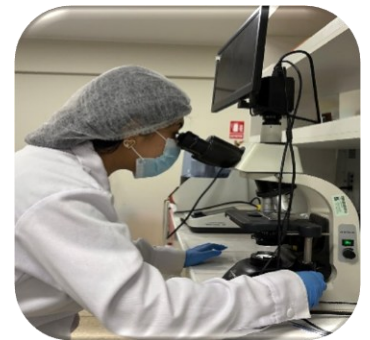
Recuento de conidias



Agregar 1mL de agua estéril y realizar un raspado.



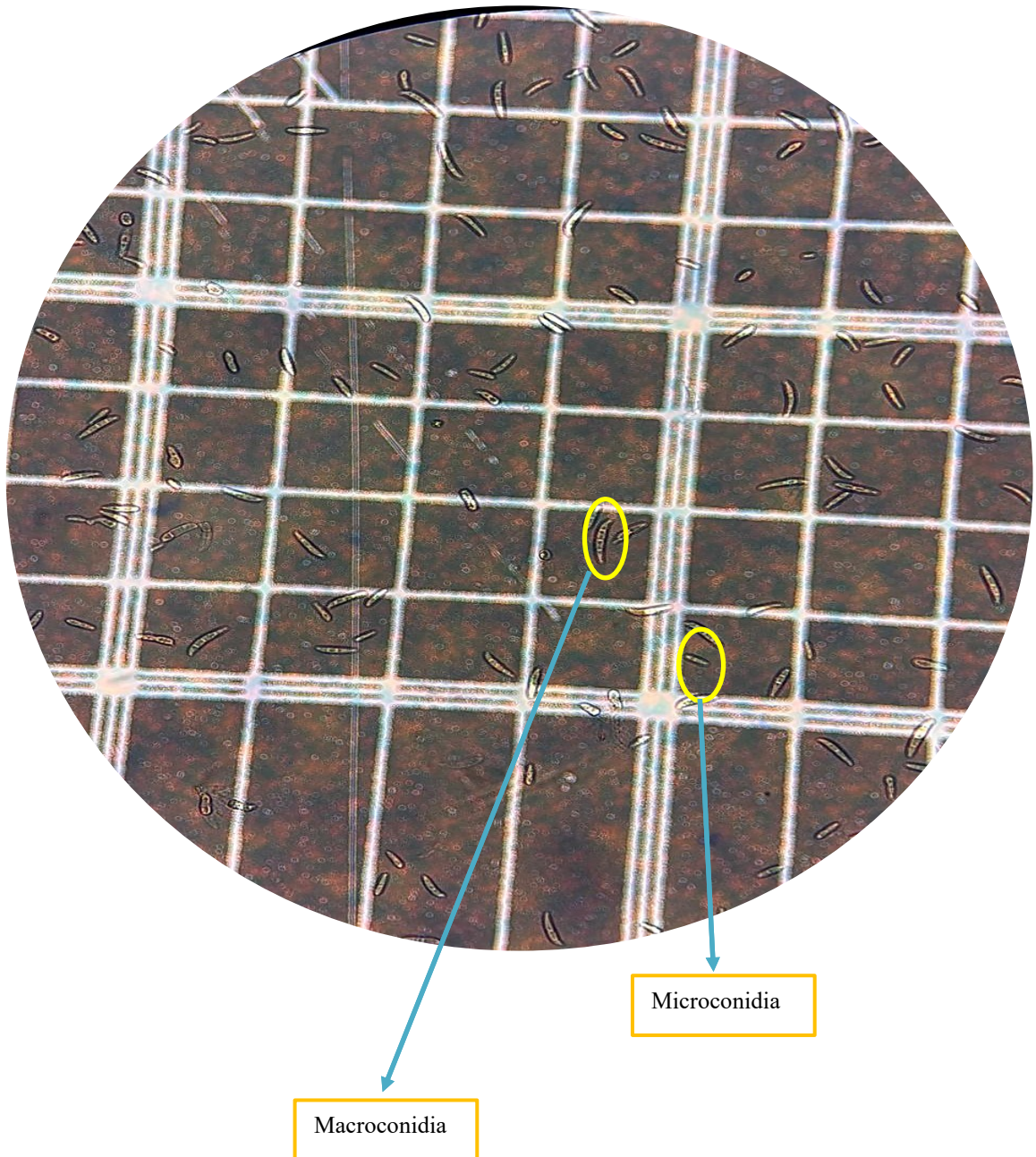
Colocar un poco de la muestra en la cámara neubauer.



Proceder con el conteo de conidias.

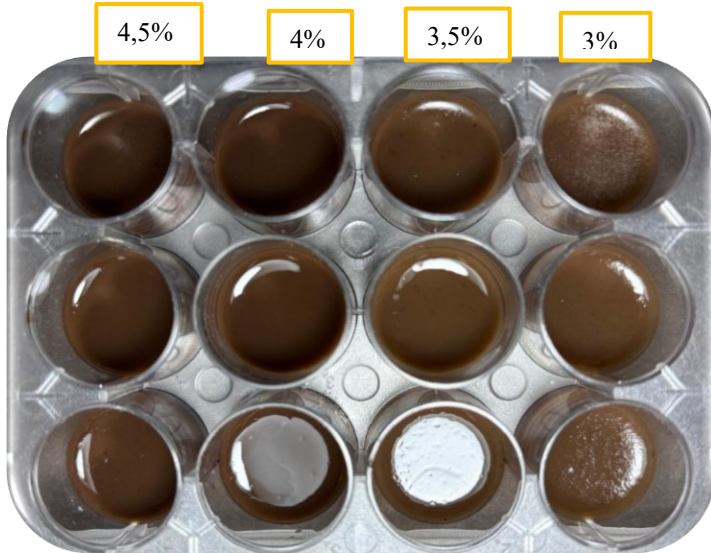
ANEXO N°11

Macroconidias y microconidias observadas durante el recuento de conidias

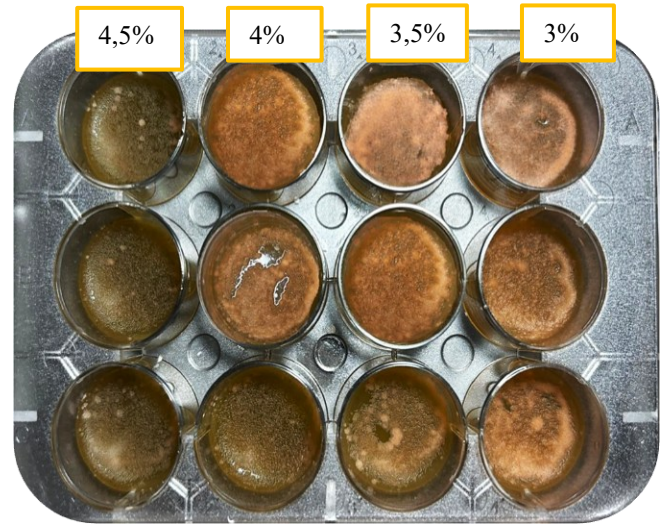


ANEXO N°12

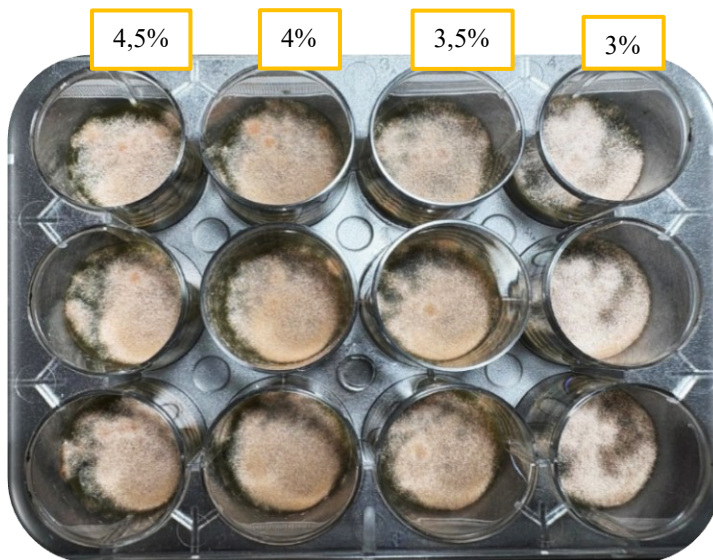
Evaluación cualitativa de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana Camara* L. al 3%, 3.5%, 4%, 4.5%.



Flores



Frutos



Hojas

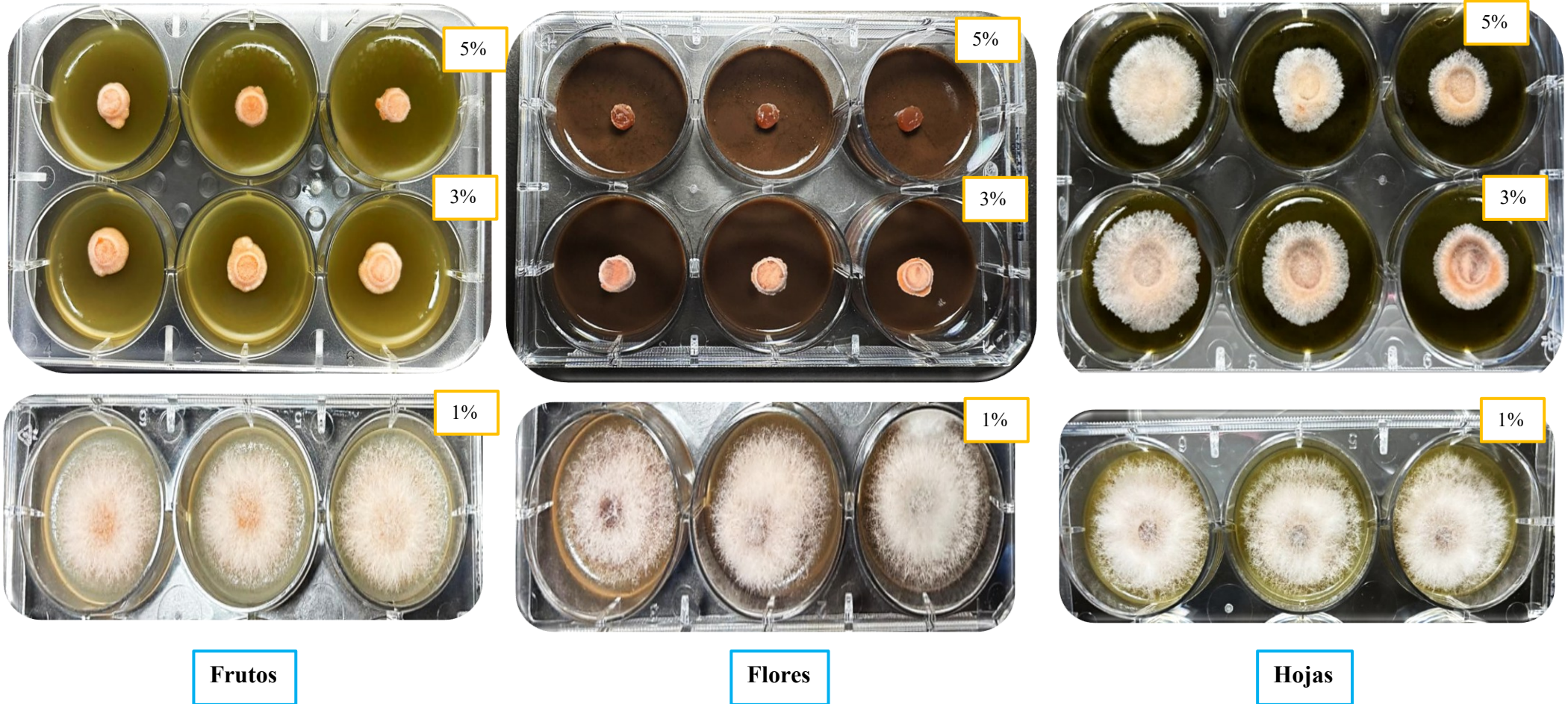


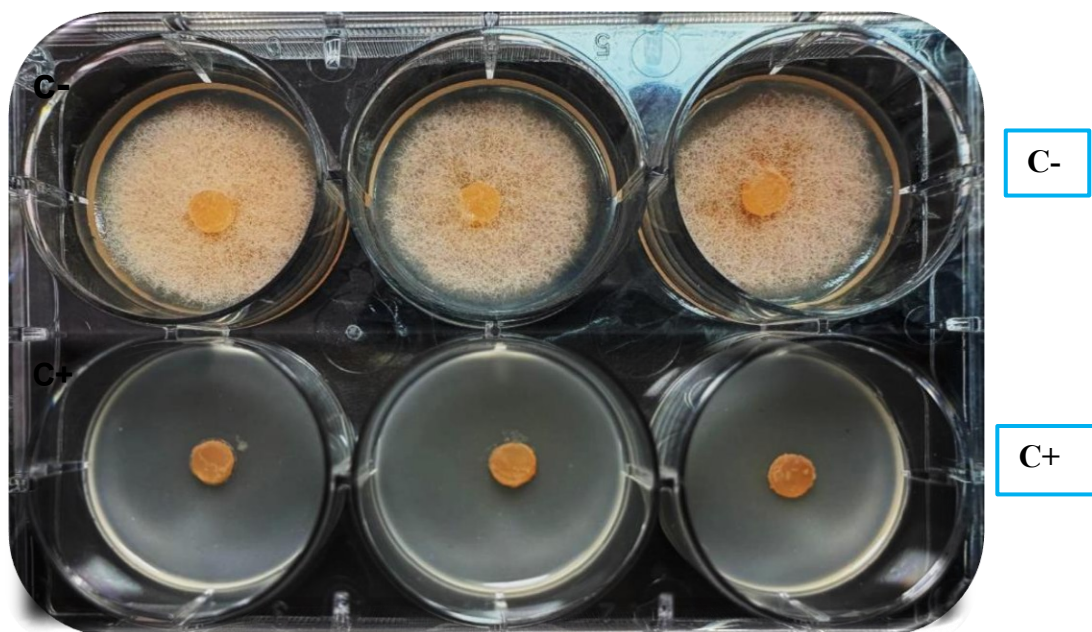
C-

C+

ANEXO N°13

Evaluación cuantitativa de los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana Camara* L. al 5%, 3% y 1%

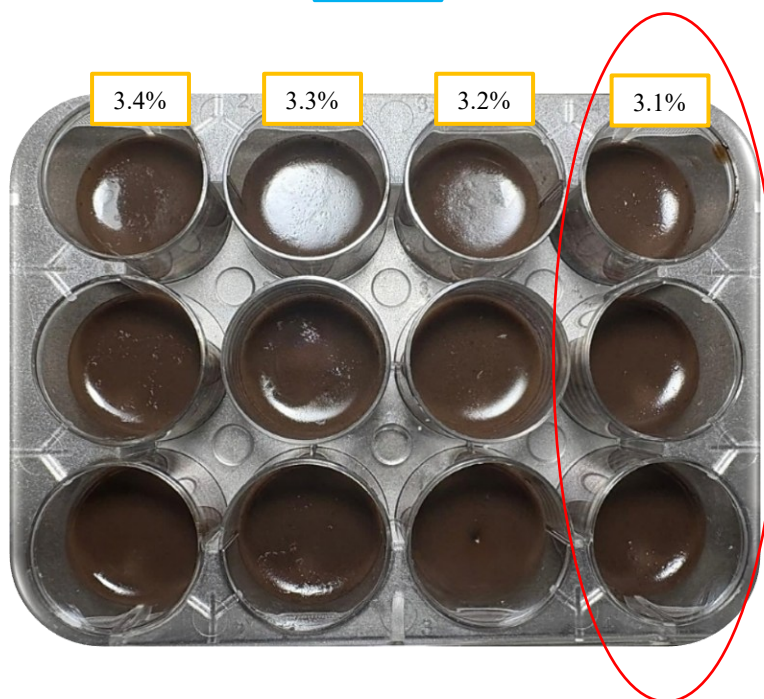




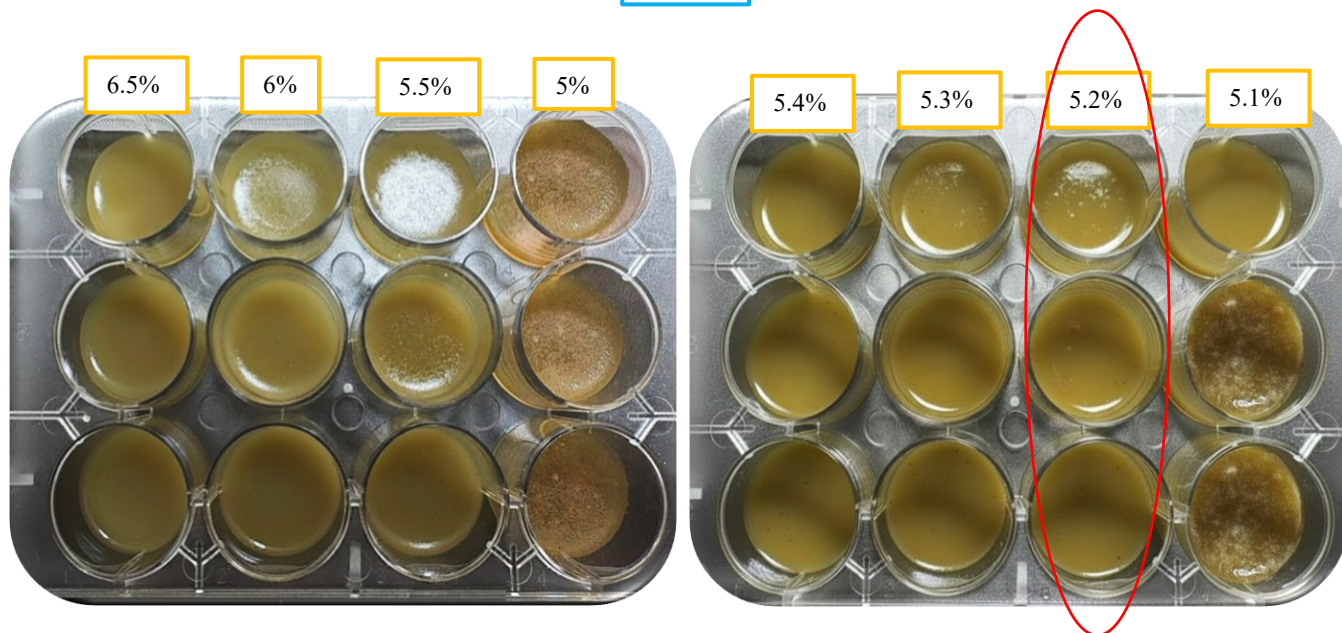
ANEXO N°14

Determinación de la CMI para los extractos etanólicos de flores, frutos y hojas de *Lantana camara* L.

Flores



Frutos



Hojas

