

Aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* en el control de *Lasiodiplodia theobromae*: evaluación antifúngica in vitro.***Essential Oil of *Dysphania ambrosioides* for the Control of *Lasiodiplodia theobromae*: In Vitro Antifungal Evaluation.***

Katty Alexandra Gadway Yambay, Susana Elizabeth Blacio Toro, Marjorie Katherine Espinoza Jarro, Jazmany Nicolás Rivas Jaramillo.

**CIENCIA, TECNOLOGÍA Y
SOCIEDAD**

Julio - diciembre, V°7-N°2; 2026

Recibido: 10-07-2026

Aceptado: 23-07-2026

Publicado: 31-12-2026

PAIS

- Machala - Ecuador
- Machala - Ecuador
- Machala - Ecuador
- Machala - Ecuador

INSTITUCION

- Universidad Técnica de Machala
- Universidad Técnica de Machala
- Universidad Técnica de Machala
- Universidad Técnica de Machala

CORREO:

- ✉ kgadvay@utmachala.edu.ec
- ✉ sblacio@utmachala.edu.ec
- ✉ mespinoza15@utmachala.edu.ec
- ✉ nicorivasj2003@gmail.com

ORCID:

-  <https://orcid.org/0000-0002-8631-0004>
-  <https://orcid.org/0000-0003-0619-9578>
-  <https://orcid.org/0009-0000-1491-520X>
-  <https://orcid.org/0009-0003-2639-1978>

FORMATO DE CITA APA

Gadvay, K., Blacio, S., Espinoza, M. & Rivas, J. (2026). Aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* en el control de *Lasiodiplodia theobromae*: evaluación antifúngica in vitro. Revista G-ner@ndo, V°7 (N°2). P. 1586 – 1610.

Resumen

Los aceites esenciales vegetales representan una alternativa prometedora a los fungicidas sintéticos por su biodegradabilidad, menor impacto ambiental y capacidad para inhibir microorganismos fitopatógenos. El objetivo de este estudio fue evaluar in vitro la actividad antifúngica del aceite esencial de paico (*Dysphania ambrosioides*) sobre *Lasiodiplodia theobromae*, patógeno asociado con enfermedades de importancia económica en el cultivo de cacao. El aceite esencial se obtuvo de hojas frescas mediante destilación por arrastre de vapor, con un rendimiento promedio de 0,089 % (p/p). Su composición química se determinó por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), identificándose ascaridole (44,24 %), α -terpinene (18,88 %) y o-cymene (14,21 %) como componentes principales. La actividad antifúngica se evaluó con concentraciones entre 2600 y 3100 ppm durante siete días, mediante la medición del área de crecimiento, la tasa de expansión micelial y el porcentaje de inhibición. Las concentraciones iguales o superiores a 2900 ppm inhibieron totalmente el crecimiento micelial durante el periodo de evaluación. En concentraciones menores, la inhibición disminuyó conforme avanzó la incubación, evidenciando un efecto dependiente de la dosis y del tiempo de exposición. La tasa de crecimiento micelial también fue significativamente menor en los tratamientos con aceite esencial, especialmente durante los primeros días. La prueba HSD de Tukey mostró diferencias significativas entre los tratamientos y el control ($p < 0,05$). Estos resultados demuestran que el aceite esencial de *D. ambrosioides* posee una elevada actividad inhibitoria contra *L. theobromae* y podría constituir una alternativa natural para el manejo sostenible de hongos fitopatógenos agrícolas.

Palabras clave: aceite esencial; *Dysphania ambrosioides*; actividad antifúngica; *Lasiodiplodia theobromae*; inhibición micelial.

Abstract

Plant-derived essential oils represent a promising alternative to synthetic fungicides due to their biodegradability, lower environmental impact, and ability to inhibit phytopathogenic microorganisms. The objective of this study was to evaluate in vitro the antifungal activity of paico essential oil (*Dysphania ambrosioides*) against *Lasiodiplodia theobromae*, a pathogen associated with economically significant diseases in cocoa cultivation. The essential oil was obtained from fresh leaves via steam distillation, with an average yield of 0.089% (w/w). Its chemical composition was determined by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), identifying ascaridol (44.24%), α -terpinene (18.88%), and o-cymene (14.21%) as the main components. Antifungal activity was evaluated at concentrations ranging from 2,600 to 3,100 ppm over seven days by measuring the growth area, mycelial expansion rate, and percentage of inhibition. Concentrations equal to or greater than 2,900 ppm completely inhibited mycelial growth during the evaluation period. At lower concentrations, inhibition decreased as incubation progressed, demonstrating a dose- and exposure time-dependent effect. The mycelial growth rate was also significantly lower in the essential oil treatments, especially during the first few days. Tukey's HSD test revealed significant differences between the treatment groups and the control ($p < 0.05$). These results demonstrate that the essential oil of *D. ambrosioides* exhibits high inhibitory activity against *L. theobromae* and could serve as a natural alternative for the sustainable management of agricultural plant-pathogenic fungi.

Keywords: essential oil; *Dysphania ambrosioides*; antifungal activity; *Lasiodiplodia theobromae*; mycelial inhibition.

Introducción

La Unión Europea adquirió el 30% de las exportaciones de banano y el 39% de cacao en el año 2024, lo que demuestra la relevancia que tienen estos cultivos para la economía del país (*Análisis trimestral de comercio exterior 2024 – Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*, 2024). Sin embargo, su productividad está en riesgo por varios fitopatógenos, incluyendo el hongo *Lasiodiplodia theobromae*. Este último es un agente causante de enfermedades que deterioran gravemente la salud de las plantas y provocan pérdidas económicas considerables para los productores y exportadores. Este patógeno ocasiona síntomas como muerte regresiva en brotes, necrosis foliar, clorosis, pudrición radicular y marchitez prematura de frutos en especies como banano, cacao, mango y cítricos, comprometiendo la calidad comercial y la productividad de los cultivos (Jácome Quiroz et al., 2024).

Dado el impacto económico que estas enfermedades fúngicas conllevan, su control ha estado mayormente basado en el uso excesivo de pesticidas inorgánicos. Si bien estos productos son eficientes a corto plazo, su uso a largo plazo tiene efectos adversos en la salud de los seres humanos, la fertilidad del suelo, la fauna beneficiosa y los recursos hídricos. Además, su uso ininterrumpido propicia la aparición de cepas de hongos más resistentes, lo cual aumenta los gastos del control y disminuye la eficacia de las técnicas tradicionales (Duarte Pasaguay et al., 2022). La búsqueda de opciones ecológicas que hagan posible conservar la productividad agrícola sin afectar la seguridad alimentaria o la sostenibilidad de los ecosistemas ha sido estimulada por estas consecuencias.

En este contexto, los aceites esenciales de origen vegetal han aparecido como alternativas con potencial gracias a sus características antifúngicas y antimicrobianas. El aceite esencial de paico (*Dysphania ambrosioides*), por ejemplo, ha revelado ser un inhibidor eficaz contra hongos relevantes a nivel clínico y agrícola, como *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum spp.* y *Aspergillus spp.* (Stegmayer et al., 2021).

Su potencial radica, además, en que esta especie se distribuye de forma natural en varias regiones del Ecuador, como la provincia de El Oro, donde incluso crece como maleza, lo que convierte al paico en un recurso disponible, de bajo costo y acorde con las tendencias de producción sostenible (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022).

A pesar de estos avances, no existen estudios que evalúen el efecto antifúngico del aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* específicamente contra *Lasiodiplodia theobromae*, esto deja un hueco en la investigación y hace más difícil la creación de alternativas naturales para controlar este patógeno. La falta de información científica, teniendo en cuenta que este hongo

impacta de manera directa a dos de las cosechas más relevantes del Ecuador, restringe la ejecución de estrategias biológicas que sean capaces de disminuir o complementar el empleo de pesticidas sintéticos.

Para proteger los cultivos y aumentar la producción, se han utilizado de manera excesiva productos fitosanitarios, provocando así volatilización, filtración o degradación de estos en el suelo. Esto ha generado residuos secundarios que son más móviles, persistentes y peligrosos que los compuestos originales, lo que incrementa el riesgo ambiental y la contaminación de los ecosistemas agrícolas. Este panorama ha motivado la búsqueda de alternativas sostenibles y seguras, entre las que destacan los agentes biológicos como una opción prometedora para el manejo de enfermedades fitopatógenas (Campos Mora et al., 2023).

Para el control de *Lasiodiplodia spp.*, se realizan aplicaciones preventivas tanto en la etapa de precosecha como de postcosecha, utilizando ingredientes activos como azoxystrobin, fludioxonil, piraclostrobin, sulfato de cobre y tiabendazol. No obstante, el uso reiterado de estos tratamientos químicos ha provocado que cerca del 50% de las moléculas disponibles en el mercado hayan perdido eficacia debido al desarrollo de resistencia (Felix Vasquez, 2024).

En este contexto, se ha explorado el uso de los aceites esenciales, los cuales constituyen mezclas químicas de naturaleza volátil y compleja, sintetizadas como metabolitos secundarios en especies vegetales aromáticas. Se obtienen principalmente mediante técnicas de arrastre de vapor o hidrodestilación. Históricamente, estos compuestos han sido ampliamente empleados debido a sus propiedades antioxidantes, alelopáticas, insecticidas, acaricidas, larvicidas, así como por su actividad antibacteriana, antifúngica y su potencial efecto anticancerígeno (Kandsi et al., 2022).

Una de las funciones de los aceites esenciales después de la cosecha es su utilización para conservar frutas. Debido a sus características antioxidantes y antifúngicas, ayudan a frenar el crecimiento de hongos dañinos y extienden la durabilidad de los productos al minimizar la oxidación y el deterioro. Asimismo, estos metabolitos secundarios poseen propiedades bactericidas y antivirales, lo cual reduce la cantidad de microorganismos en alimentos frescos, como frutas y verduras que han sido poco procesadas o de cuarta gama. Además, funcionan como repelentes naturales contra insectos y plagas, brindando protección a los productos en almacenamiento (Santiago-Santiago et al., 2024).

Dysphania ambrosioides es una planta perenne y aromática, originaria de América, pero actualmente naturalizada en regiones templadas de gran parte del mundo (Stegmayer et al., 2021), cuyo aceite esencial se caracteriza por la presencia de metabolitos secundarios como: α -

Terpinene (66,18%); o-Cymene (25,80%); Sabinene hydrate acetate trans- (3,27%); Pinanediol cis 2-3 (1,28%); D-Limonene (0,74%) (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022).

En ensayos realizados in vitro, se ha demostrado su actividad inhibitoria frente a fitopatógenos de importancia agrícola, como *Aspergillus flavus*, *A. glaucus*, *A. niger*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. musae* y *Fusarium oxysporum*, lo que resalta su posibilidad de ser utilizado como un agente de control biológico (Stegmayer et al., 2021).

El aceite esencial de *D. ambrosioides*, aplicado a una concentración de 1000 ppm y con un diámetro de 6 cm en la caja de Petri, mostró que la proliferación de *Colletotrichum acutatum*, *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium semitectum* y *Monilinia fructicola* se inhibía completamente, logrando así su detención total. No obstante, se notó un comportamiento distinto frente a *Botrytis cinerea*, donde el crecimiento fue del 95 % con respecto al control. Estos hallazgos indican que el aceite esencial ejerce un impacto antifúngico selectivo, cuya intensidad depende del tipo de hongo (Stegmayer et al., 2021).

Los aceites esenciales (AE) son compuestos naturales extraídos de plantas, principalmente formados por metabolitos secundarios volátiles. Se producen y almacenan en estructuras glandulares específicas y suelen encontrarse en forma líquida a temperatura ambiente. Habitualmente presentan un color transparente o ligeramente amarillento y tienen una densidad menor que el agua. Además, se distinguen por su aroma fuerte y característico, que refleja la identidad de la planta de origen (González Puetate et al., 2023).

Químicamente, los aceites esenciales están compuestos por una combinación compleja de sustancias como terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos y fenoles. Su naturaleza hidrofóbica favorece la interacción con membranas celulares, lo que puede alterar su estructura y permeabilidad. Estas características fisicoquímicas explican gran parte de las actividades biológicas que se les atribuyen en distintas investigaciones (González Puetate et al., 2023).

Aplicaciones. Entre las múltiples aplicaciones de los aceites esenciales, destacan especialmente los derivados de cítricos, los cuales se obtienen principalmente de las cáscaras de frutas (flavedo y albedo) y están compuestos en gran parte por compuestos volátiles que les confieren su aroma característico (Agarwal et al., 2022).

Estos aceites se han empleado desde tiempos antiguos en aromaterapia como un recurso natural y seguro para aliviar diversos problemas de salud, entre ellos dolor corporal, náuseas, vómitos, ansiedad, depresión, estrés, agotamiento físico o mental y otros. Gracias a sus propiedades medicinales y terapéuticas, han sido reconocidos y aprobados por la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos), lo que respalda su uso controlado con mínimos efectos secundarios. Actualmente, los aceites esenciales cítricos son altamente valorados por su

eficacia y por ser alternativas naturales en el manejo de distintos trastornos físicos y psicológicos (Agarwal et al., 2022).

Una forma adicional en que se emplean los aceites esenciales es como agentes de control biológico, debido a su rica composición en compuestos fenólicos tales como carvacrol y timol, así como terpenos y monoterpenos, incluyendo α -pineno, linalool y p-cimeno, que les otorgan características antimicrobianas, antioxidantes y biológicas. De acuerdo con Amaya Rodríguez et al. (2021), los aceites esenciales derivados de *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano griego) mostraron un efecto inhibitorio significativo frente a la marchitez bacteriana, superando incluso a antibióticos convencionales como la estreptomicina y la ampicilina.

Tian et al. (2022) también han corroborado que es eficaz contra la producción de aflatoxinas en alimentos como el garbanzo, el maní, el arroz, la soja, el trigo, el pistacho y el maíz y que tiene propiedades antifúngicas y antiaflatoxigénicas frente a *Aspergillus flavus*. Se pueden encontrar entre los aceites más importantes aquellos que provienen de orégano, canela, clavo y tomillo. La FDA los ha identificado como seguros y por lo tanto son opciones naturales para proteger la calidad de los alimentos y controlar las plagas.

El paico (*Dysphania ambrosioides*), también conocido como *Chenopodium ambrosioides*, es una planta herbácea ampliamente distribuida en Sudamérica, donde crece de forma silvestre en jardines, bordes de caminos y pastizales, sin requerir cultivo. Se trata de una hierba tropical que puede comportarse como perenne, de crecimiento vigoroso y fuerte aroma característico (Figueroa Merma, 2021).

Botánicamente, presenta un tallo acanalado y rojizo, con numerosas ramificaciones, alcanzando hasta un metro de altura. Sus hojas son ovaladas (aproximadamente 4cm de largo y 1cm de ancho), de borde dentado y disposición alterna, mientras que las flores son pequeñas, verdes y agrupadas en inflorescencias tipo racimo. Las semillas, de tamaño muy reducido, son verdes cuando están frescas y se tornan negras al secarse (Blas Paredes & Solano Casachagua, 2025).

A nivel global, el género *Dysphania* se encuentra ampliamente distribuido en regiones templadas y tropicales, gracias a su gran capacidad de adaptación ecológica. De este género, *D. ambrosioides* y *D. botrys* son las especies más cultivadas, habiéndose difundido ampliamente en distintas zonas del Viejo Mundo (Dagni et al., 2022).

Toxicidad. Respecto a su toxicidad, se ha establecido que varias especies pertenecientes al género *Dysphania*, como *D. botrys* y *D. ambrosioides*, tienen compuestos que pueden

modificar la función mitocondrial, lo cual repercute en la respiración celular y en el complejo I de la cadena de transporte de electrones.

Entre los componentes responsables destacan el carvacrol, el óxido de cariofileno y el ascaridol, los cuales pueden provocar daños en órganos como el hígado, los riñones y el intestino (Dagni et al., 2022).

El aceite esencial de *Dysphania*, además, ha evidenciado una alta toxicidad al ingerirse en grandes proporciones, lo cual provoca que se acumule en el organismo y genere síntomas tales como depresión del sistema nervioso central, problemas visuales y auditivos, vómitos, náuseas, daños hepáticos y renales, convulsiones e incluso insuficiencia cardiorrespiratoria (Lezama Paredes, 2019).

Biogeografía. *Dysphania ambrosioides* es una especie cosmopolita con amplia distribución a nivel mundial. En África Occidental se encuentra principalmente en países como Nigeria, Senegal, Ghana y Camerún (Blas Paredes & Solano Casachagua, 2025), mientras que en Ecuador está presente en provincias como Loja, Imbabura, Tungurahua, Esmeraldas, El Oro, Carchi y Pichincha (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022).

Esta planta se distingue por su alta capacidad de adaptación, debido a que puede desarrollarse en terrenos pesados, arenosos o medios, con un pH que fluctúa entre 5.2 y 8.3, y prospera mejor en suelos con abundante materia orgánica. Asimismo, puede resistir elevaciones de hasta 2700 msnm y le agradan los entornos húmedos y soleados, porque no soporta la sombra. Su expansión es más fácil porque a menudo se encuentra en áreas áridas y zonas agrícolas. Reconocida por la OMS como una de las plantas más utilizadas en la medicina tradicional en todo el mundo, *D. ambrosioides* también se valora por su uso comestible y medicinal, especialmente aprovechando sus hojas y semillas (Blas Paredes & Solano Casachagua, 2025).

El aceite esencial de paico es un líquido de color amarillo claro, de baja viscosidad, con un aroma intenso y fuerte similar al del alcanfor, y un sabor levemente amargo. Se obtiene a partir de toda la planta (Beltrán Sinchiguano et al., 2017).

Dentro de su composición química, el componente principal es el ascaridol, presente en un 64,5 %, lo que le confiere potentes propiedades antiparasitarias, en especial contra *Ascaris lumbricoides*. Además, el aceite esencial contiene altos niveles de monoterpenos, entre los que destacan: α -terpineno, α -pineno, p-cimeno, isoascaridol, carvacrol y limoneno (Quispe Guzman, 2023).

El α -terpineno, uno de los compuestos activos más importantes del aceite esencial, constituye entre el 20 % y el 80 % del total del aceite, es relativamente volátil a temperatura

ambiente y posee reconocidas propiedades terapéuticas. Por esta razón, el paico ha sido utilizado ampliamente en América, Europa, África y Asia como agente fungicida, analgésico y antipalúdico (Quispe Guzman, 2023).

Además, el aceite esencial y sus extractos han mostrado beneficios para combatir la diabetes, calmar el dolor estomacal, reducir la fiebre, aliviar la tos, ser astringentes e insecticidas. También tienen propiedades antihelmínticas, antibacterianas, antileishmania y acaricidas.

En estudios previos, se ha comprobado que el extracto acuoso de la planta inhibe el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, y su aceite esencial ha demostrado una clara acción antimicrobiana frente a diversos patógenos (Quispe Guzman, 2023).

Tabla 1.

Principales componentes del aceite esencial de paico *D. Ambrosioides*

Nombre científico	Componente químico	Porcentaje (%) máximo del aceite esencial (Pasaje)	Porcentaje (%) máximo del aceite esencial (Arenillas)	Porcentaje (%) máximo del aceite esencial (Piñas)
Dysphania ambrosioides	Terpinene α -	57.84%	66.18%	66.39%
	Cymene o-	10.27%	25.80%	13.57%
	Sabinene	11.19%	3.27%	4.67%
	hydrate acetate			
	trans-			
	Guaiacol p-vinyl-	5.93%	0%	0.35%
	Pinanediol cis-2,3	4.75%	1.28%	0%
	n-Nonane	0%	0%	9.91%

Fuente: (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022)

Métodos y Materiales

La investigación se fundamentó en el paradigma positivista, debido a que el fenómeno estudiado se examinó mediante la observación controlada, la medición objetiva de las variables y el análisis estadístico de los resultados. Se adoptó un enfoque cuantitativo, orientado a determinar el efecto de diferentes concentraciones del aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* sobre el crecimiento micelial de *Lasiodiplodia theobromae*.

El estudio fue de tipo experimental, aplicado y de laboratorio, con alcance explicativo, puesto que se manipuló deliberadamente la concentración del aceite esencial para establecer su efecto sobre la actividad antifúngica en condiciones controladas *in vitro*.

Se aplicó el diseño analítico-comparativo, orientado a evaluar la actividad antifúngica del aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* sobre *Lasiodiplodia theobromae* en

condiciones in vitro. El enfoque es cuantitativo, dado que se registraron y analizaron métricas del crecimiento micelial, permitiendo establecer diferencias significativas entre tratamientos mediante análisis estadístico.

. Los materiales, reactivos y equipos que se utilizaron en el presente trabajo de investigación en laboratorio, se describen en la tabla 3:

Tabla 2.

Materiales, reactivos y equipos de laboratorio

Materiales	Reactivos	Equipos
Placas de Petri	Medio de cultivo Papa	Destilador de vidrio
Tubos de ensayo	Dextrosa Agar (PDA)	Cámara de flujo laminar
Pipetas y micropipetas	Alcohol etílico	Incubadora
Frascos de almacenamiento	Alcohol potable	Vertical Autoclave-BIOBASE
Guantes, mascarillas y batas de laboratorio	Cloranfenicol	BKQ-B100II
Bisturí y pinzas	Tween 80	Balanza analítica
		Calibrador Vernier
		Cocineta

Fuente: Elaboración propia

Obtención de Aceite esencial de paico. El aceite esencial se obtuvo mediante destilación por arrastre de vapor utilizando un destilador de vidrio a escala de laboratorio, con una capacidad de 1 kg. La muestra vegetal ocupó aproximadamente el 75 % del balón de destilación, mientras que el agua se colocó en la parte inferior del sistema.

Una vez colocadas todas las partes del destilador, se aplicó una temperatura entre 90 y 100°C durante 45 minutos, generando vapor que atravesó la muestra vegetal y se condensó en un separador florentino. El aceite esencial fue recolectado con una pipeta de Pasteur, medido, envasado en viales etiquetados y almacenado de 4 -12 °C para preservar sus propiedades fisicoquímicas (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022). Posteriormente, se determinó el rendimiento del aceite esencial en función de la masa de materia prima procesada y del aceite obtenido, con el fin de evaluar la eficiencia del proceso de extracción. Esto se realizó con la ayuda de la ec (1):

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{masa del aceite esencial obtenido}}{\text{masa de la materia prima procesada}} * 100 \quad (1)$$

Cultivo del fitopatógeno. El hongo (fitopatógeno) fue cultivado en un medio de cultivo denominado Papa Dextrosa Agar (PDA), utilizado comúnmente para el cultivo de hongos. Este medio proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo. Las cajas Petri, que son platos de cultivo, fueron incubadas a 25 °C durante un periodo de 3 a 7 días, asegurando el

tiempo adecuado para el desarrollo del hongo en un ambiente controlado. Este procedimiento se llevó a cabo en la facultad de Ciencias Agropecuarias en el laboratorio de Sanidad Vegetal.

Emulsificación. Se preparó el medio de cultivo (PDA) según las indicaciones del fabricante, para asegurar la correcta dispersión del aceite esencial en el medio de cultivo, se utilizó un emulsionante (Tween 80). Este producto permite que el aceite esencial se distribuya uniformemente en el medio, evitando la formación de una capa separada. Se añadió una relación 1:1 de Tween 80 y aceite esencial y a su vez se incorporaron 26 mg de cloranfenicol como agente bacteriostático para prevenir el desarrollo de bacterias, una vez listo esto se procedió a enviar a autoclave.

Incorporación del aceite esencial. Una vez retirado el medio con el dispersante de la autoclave, se distribuyó de manera equitativa en 7 vasos de precipitado de 100 mL. A 6 de estos vasos se le añadió el aceite esencial en concentraciones de 2600 mg/L, 2700 mg/L, 2800 mg/L, 2900 mg/L, 3000 mg/L y 3100 mg/L, asegurando una mezcla homogénea en cada uno. Luego se procedió a verter el agar en las cajas Petri, cada tratamiento contó con 3 repeticiones.

Inoculación con el fitopatógeno. Después de preparar el medio, se tomó un fragmento de 5 mm del hongo (fitopatógeno), utilizando un bisturí o espátula estéril para medir el área de la colonia con una regla o calibrador Vernier. El fragmento se cortó cuidadosamente y se transfirió al medio preparado en la caja Petri con pinzas estériles (Mirasierra Velardo, 2021). Se incluyó un tratamiento de control, constituido por medio PDA suplementado con Tween 80 y Cloranfenicol sin presencia de aceite esencial, con el fin de descartar cualquier efecto adverso o inhibitorio atribuible a estas adiciones.

Incubación de las cajas Petri. Las cajas Petri con el hongo inoculado y el aceite esencial fueron incubadas a 30°C durante 7 días. Durante este tiempo, se observó el comportamiento del hongo y su respuesta al tratamiento con el aceite esencial. Se midió el crecimiento micelial del hongo *Lasiodiplodia Theobromae*, mediante indicadores tales como:

- Área de la colonia: (mm²)
- Tasa de crecimiento: (mm²/día). El crecimiento de las colonias se evaluó registrando su área (en mm) cada día.
- Porcentaje de inhibición: (%ICM)

El crecimiento micelial del hongo se determinó utilizando un calibrador Vernier, y para una mayor precisión se empleó el software ImageJ® con el fin de cuantificar el área micelial de cada cultivo. Asimismo, se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (%ICM) mediante la comparación de cada tratamiento con el control. Los datos obtenidos fueron

analizados mediante un Análisis de Varianza (ANOVA), y las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 %, empleando el software estadístico SPSS®. El %ICM se calculó mediante la fórmula (García-Ordaz et al., 2021):

$$\%ICM = \frac{\text{Área } \bar{x} \text{ control} - \text{Área } \bar{x} \text{ tratamiento}}{\text{Área } \bar{x} \text{ control}} \times 100$$

(2)

Donde:

Área del Control: corresponde al crecimiento promedio del hongo sin la aplicación del aceite esencial (mm²). El área del tratamiento: corresponde al crecimiento promedio del hongo con la aplicación del aceite esencial (mm²). Mientras que para la tasa de crecimiento micelial promedio se utilizó la ecuación 3 (Bessy-Horrutiner et al., 2025).

$$\text{Tasa de crecimiento} = \frac{A_f - A_i}{t_2 - t_1}$$

(3)

Donde:

A_f = área final del micelio (mm²)

A_i = área inicial (generalmente 0 mm² de micelio – tamaño inicial del fragmento del hongo sembrado)

t_1 = tiempo inicial (0 días)

t_2 = tiempo de incubación (días)

Análisis de Resultados

Se realizaron recolecciones de plantas de paico en el cantón Pasaje, ubicado en la provincia de El Oro con coordenadas 3°20'19"S 79°48'49"W. La ubicación satelital del punto de recolección de muestra se observa en la Figura 3.

Evaluación del rendimiento del aceite esencial de paico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de extracción del aceite esencial de paico (*Dysphania Ambrosioides*). En la Tabla 4 se detallan los pesos de la muestra y de aceite obtenidos en cada extracción, así como el rendimiento porcentual calculado para cada una de ellas.

Tabla 3.

Extracción del aceite esencial de *Dysphania Ambrosioides*

Extracciones	Peso muestra (g)	Peso aceite (g)	Rendimiento (%)	$\bar{x}$
1	498	0,4832	0,097	0,089
2	317,515	0,2857	0,09	

3	453,59	0,3589	0,08
----------	--------	--------	------

Fuente: Elaboración propia

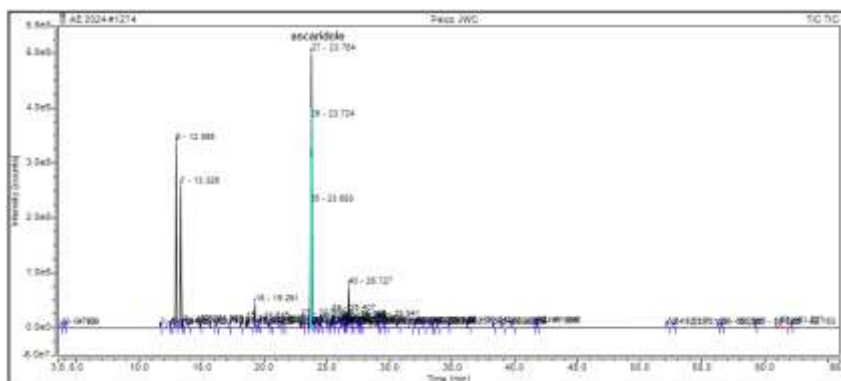
El rendimiento en la obtención de aceites esenciales puede variar considerablemente en función de diversos factores, como la especie vegetal utilizada, el origen del material vegetal, las condiciones de cultivo y el método de extracción empleado. Blas Paredes & Solano Casachagua (2025) reporta rendimientos comprendidos entre 0,15 % y 0,38 %. Por su parte, Erazo Gálvez (2025) señala valores similares, con un rendimiento aproximado de 0,2 %, mientras que Parrales Sellan & Rivas Encarnacion (2022) mencionan un rango entre 0,02 % y 0,06 %, siendo una de las muestras analizadas proveniente de la ciudad de Pasaje.

En el presente estudio se obtuvo un rendimiento entre 0,08 % y 0,097 %, el cual se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura, lo que respalda la validez de los resultados obtenidos.

Caracterización del aceite esencial de paico

La composición química del aceite esencial de paico de la muestra recolectada en Ciudad de Pasaje, fue analizada en la columna capilar no polar DB-5MS. En la figura 1, se adjunta el perfil cromatográfico del aceite esencial de Paico de la muestra obtenida por la columna DB-5MS mediante la técnica de GC-MS. En el cromatograma se puede visualizar los picos integrados que representa cada compuesto según el área proporcional a su concentración.

Figura 1. Perfil cromatográfico del aceite esencial de paico



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se presenta la composición química del aceite esencial de paico, identificada mediante el orden de elución en la columna DB-5MS, incluyendo los índices de retención lineal calculados y reportados en la literatura, así como el porcentaje de área de cada compuesto, correspondientes a la muestra analizada.

Tabla 4.

Composición química del aceite esencial de *Dysphania Ambrosioides*

N°	Compuesto	LRI ^{cal}	LRI ^{lit}	Área (%)
1	myrcene	989	998	0,03
2	n-octanal	1005	998	0,05
3	p-mentha-1(7),8-diene	1007	1003	0,03
4	α-terpinene	1016	1014	18,88
5	o-cymene	1024	1022	14,21
6	limonene	1028	1024	0,38
7	o-cymene	1037	1022	0,03
8	γ-terpinene	1057	1054	0,34
9	allyl hexanoate	1074	1079	0,18
10	p-mentha-2,4(8)-diene	1084	1085	0,05
11	1,3,8-p-menthatriene	1106	1108	0,07
12	1,3,8-p-menthatriene	1123	1108	0,07
13	trans-sabinol	1134	1137	0,94
14	trans-verbenol	1147	1140	2,84
17	maple furanone	1171	1182	0,03
18	trans-2-Caren-4-ol	1174	1178 ^a	0,20
19	2-allyl-phenol	1189	1189	0,13
20	α-terpineol	1196	1186	0,05
21	linalool formate	1226	1214	1,12
22	no identificado	1235	n.d.	0,06
23	ascaridole	1240	1234	44,24
26	no identificado	1245	n.d.	0,27
27	neral	1248	1235	0,34
28	cis-piperitone epoxide	1254	1250	0,32
29	geranial	1258	1264	0,75
30	neo-menthyl acetate	1270	1271	0,04
31	no identificado	1274	n.d.	0,13
32	trans-ascaridol glycol	1277	1266	1,60
33	α-terpinen-7-al	1287	1283	0,07
34	carvacrol	1295	1298	1,09
35	trans-ascaridol glicol	1296	1273 ^b	0,86
36	camphorquinone	1299	1294	0,15
38	terpinen-4-ol acetate	1306	1299	4,93
39	(Z)-patchenol	1314	1316	0,04
40	1,8-octanediol	1323	1339	0,12
41	no identificado	1326	n.d.	0,51
42	hexyl tiglate	1330	1330	0,08
43	benzyl butanoate	1356	1343	1,65
44	trans-p-menth-6-en-2,8-diol	1361	1371	0,08
45	δ-nonalactone	1370	1385	0,03
46	sativene	1373	1390	0,21
47	no identificado	1394	n.d.	0,05
48	no identificado	1421	n.d.	0,07
49	no identificado	1429	n.d.	0,21

50	myltayl-4(12)-ene	1444	1445	0,18
51	α -isomethyl-(E)-ionol	1458	1458	0,12
52	ishwarane	1462	1465	0,14
53	dehydro-sesquicineole	1471	1469	0,06
54	isobornyl n-butanoate	1491	1473	0,05
55	no identificado	1528	n.d.	0,22
56	germacrene D-4-ol	1580	1574	0,04
57	ethyl dodecanoate	1599	1594	0,03
58	citronellyl pentanoate	1619	1624	0,16
59	14-hydroxy-(Z)-caryophyllene	1665	1666	0,10
60	(2Z,6Z)-farnesal	1672	1684	0,21
61	no identificado	1969	n.d.	0,04
62	no identificado	1986	n.d.	0,04
64	n-heneicosane	2107	2100	0,09
65	n-docosane	2194	2200	0,03
66	no identificado	2256	n.d.	0,90
67	n-tricosane	2286	2300	0,03
Monoterpenos oxigenado (%)				53,52
Monoterpenos hidrogenado (%)				34,10
Éster (%)				8,03
Sesquiterpenos oxigenados(%)				0,57
Sesquiterpenos hidrogenados (%)				0,53
Alcohol (%)				0,28
Otros (%)				0,25
Alcano (%)				0,16
No identificados (%)				2,56
Total identificado (%)				97,44
Nota. LRI ^{cal} Índice de retención calculado, LRI ^{lit} Índice de retención lineal según la literatura de Adams (2007)y NIST (2025). ^a Yousefzadi et al. (2010), ^B Barra et al. (2007).				
Fuente: Elaboración propia				

La composición química del aceite esencial de paico determinada en el presente estudio evidencia un perfil dominado por monoterpenos, principalmente monoterpenos oxigenados (53,52 %) y monoterpenos hidrocarbonados (34,10 %), alcanzando un 97,44 % de compuestos identificados, lo que refleja una adecuada resolución cromatográfica y una identificación confiable. Este patrón es característico de aceites esenciales con alta reactividad química, en los cuales los monoterpenos constituyen la fracción mayoritaria y están estrechamente relacionados con sus propiedades biológicas.

El compuesto mayoritario identificado fue ascaridole (44,24 %), seguido de α -terpinene (18,88 %) y o-cymene (14,21 %). Chain Tumbaco & García Baco (2023) menciona que el ascaridole cuenta con propiedades antiparasitarias, antifúngicas, antihelmíntico, entre otras, de igual manera a los compuestos α -terpinene y o-cymene se les atribuyen efectos biológicos

similares, entre ellos los antimicrobianos (antibacterianos, antifúngicos y antiparasíticos) (Gallegos Flores et al., 2019) (Parrales Sellan & Rivas Encarnacion, 2022).

Estos compuestos constituyen un perfil químico característico de los aceites esenciales que contienen gran cantidad de monoterpenos bioactivos. Los hallazgos coinciden en parte con lo que Parrales Sellan & Rivas Encarnacion (2022) reportaron, quienes describen que la proporción de monoterpenos es alta y que entre ellos destacan α -terpinene, cymene y derivados oxigenados como elementos importantes.

Ez-Zriouli et al. (2023) reporta que las muestras de *C. ambrosioides* proporcionaron un aceite esencial rico en α -terpinene (53,4 %), ascaridole (17,7 %) y p-cymene (12,1 %), además de otros componentes presentes en menor proporción, como carvacrol (7,3 %) e isoascaridole (2,1 %), de manera similar Hsu et al. (2022) reporta un perfil químico dominado por monoterpenos, con alta presencia de α -terpinene, p-cymene y ascaridole, además de otros monoterpenos oxigenados como carvacrol, carvone y epóxidos de piperitona, evidenciando un patrón químico comparable al observado en el presente estudio, aunque con diferencias en la distribución relativa de los compuestos mayoritarios

Adicionalmente, en la literatura se describe que la actividad antifúngica de los aceites esenciales depende en gran medida de su composición química. En este contexto Mrvová et al. (2024) señala que la eficacia del aceite esencial de tomillo y oregano depende de sus componentes principales (carvacrol y timol), ya que presentan mayor actividad antifúngica en comparación a los hidrocarburos como α -pineno campeno, β -pineno, mirceno, α -terpeno, entre otros. En el aceite esencial evaluado, estos compuestos no se encuentran en cantidades elevadas; sin embargo, la presencia mayoritaria de ascaridole y α -terpineno sugiere que el efecto antifúngico observado podría estar relacionado con la acción conjunta de sus componentes.

Evaluación de la actividad antifúngica del aceite esencial de paico

Tabla 5.

Área promedio del crecimiento de micelio de *Lasiodiplodia Theobromae*

ÁREA PROMEDIO (mm ² /día)								
T (pp m)	1 día		2 días		3 días		4 días	
	5 días		6 días		7 días			
C	535,32 18,07	±	6362 ± 0		6362 ± 0		6362 ± 0	6362 ± 0
2600	75,34 11,75	±	214,17 62,12	±	599,78 84,40	±	1356,5 261,18	± 2722,26 ± 469,73
2700	76,94 3,03	±	95,33 31,48	±	259,80 57,49	±	594,38 145,74	± 1081,86 ± 390,08
							2224,38 ± 991,64	4319,51 ± 1648,82

2800	68,65 1,42	±	68,65 1,42	±	105,43 10,29	±	217,36 23,78	±	453,67 36,83	±	816,35 71,80	±	1512,87 ± 439,06
2900	59,96 2,68	±	59,96 2,68	±	59,96 2,68	±	59,96 2,68	±	59,96 2,68	±	59,96 2,68	±	59,96 2,68
3000	54,19 10,14	±	54,19 10,14	±	54,19 10,14	±	54,19 10,14	±	54,19 10,14	±	54,19 10,14	±	54,19 10,14
3100	51,29 9,28	±	51,29 9,28	±	51,29 9,28	±	51,29 9,28	±	51,29 9,28	±	51,29 9,28	±	51,29 9,28

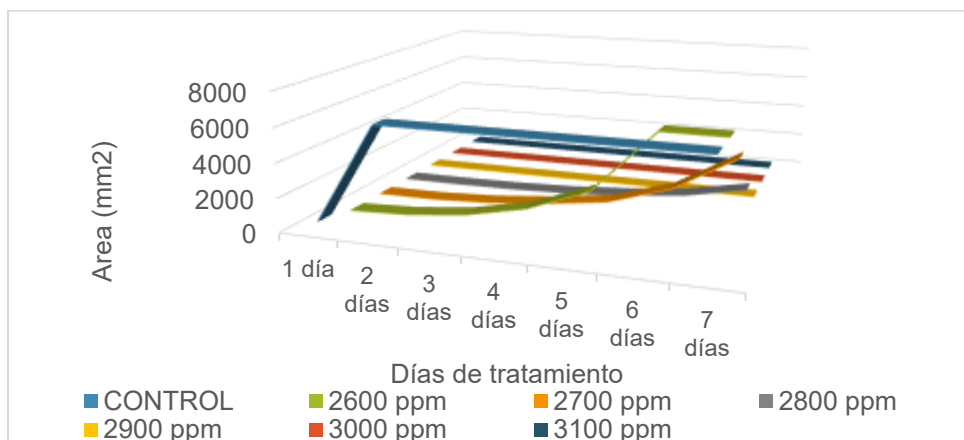
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 presenta el área promedio de crecimiento micelial ($\text{mm}^2/\text{día}$), calculada a partir de tres repeticiones por tratamiento durante un periodo de siete días, así como la desviación estándar muestral correspondiente, bajo diferentes concentraciones del tratamiento (2600 a 3100 ppm) y un control. La desviación estándar varía en función del tratamiento y del tiempo de evaluación, lo que refleja diferencias en la variabilidad del crecimiento micelial; los valores individuales por repetición.

El control (C) mostró un crecimiento sostenido y alto, llegando pronto a la máxima área disponible y conservando cifras estables en los días siguientes. Se notó un crecimiento micelial continuo en los tratamientos de 2600, 2700 y 2800 ppm, aunque este fue menor que el control. Asimismo, se vio una variabilidad creciente con el tiempo, especialmente en los tratamientos de 2600 y 2700 ppm, sin embargo, en las concentraciones de 2900, 3000 y 3100 ppm no se detectó crecimiento micelial. A lo largo de todo el experimento, los valores permanecieron estables y las desviaciones estándar fueron bajas o inexistentes. Esto demuestra un efecto inhibitorio completo y prolongado sobre el desarrollo del hongo.

Figura 2.

Cinética de crecimiento del área (mm^2) en función del tiempo bajo diferentes concentraciones (ppm)



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 2 se observa una clara diferenciación en las curvas de crecimiento, donde el aumento del área es dependiente tanto del tiempo como de la concentración aplicada. Las concentraciones más bajas presentan pendientes de crecimiento más pronunciadas, mientras que a concentraciones elevadas las curvas permanecen constantes a lo largo del periodo experimental, evidenciando la ausencia de crecimiento micelial.

Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial

En esta sección se presenta el porcentaje de inhibición del crecimiento obtenido para los diferentes tratamientos evaluados, el cual fue calculado en relación con el tratamiento control. Los resultados se registraron a lo largo del periodo de evaluación, permitiendo analizar el comportamiento del efecto inhibitorio en función del tiempo.

Tabla 6.

Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del hongo *Lasiodiplodia Theobromae*

Porcentaje de inhibición							
T	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días
2600 ppm	100	96,6337	90,5725	78,6781	57,2107	0	0
2700 ppm	100	98,5016	95,9162	90,6574	82,9949	65,0364	32,1046
2800 ppm	100	100	98,3428	96,5835	92,8691	87,1683	76,2202
2900 ppm	100	100	100	100	100	100	100
3000 ppm	100	100	100	100	100	100	100
3100 ppm	100	100	100	100	100	100	100
Fuente: Elaboración propia							

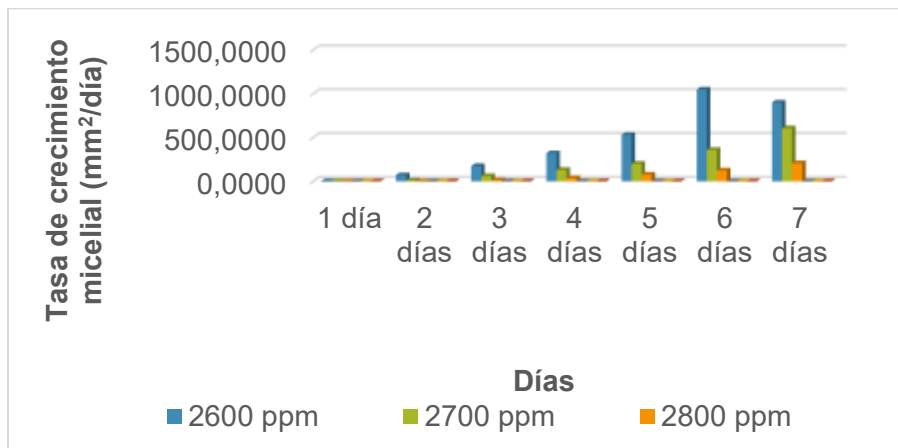
En la tabla 6 se evidencia que el aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* ejerce un efecto antifúngico dependiente de la concentración frente a *Lasiodiplodia theobromae*. A concentraciones de 2600, 2700 y 2800 ppm, la inhibición no fue total y experimentó variaciones a lo largo del tiempo; en cambio, por encima de 2900 ppm se observó una inhibición del 100% durante el período completo de evaluación, lo que señala un cese absoluto del crecimiento micelial del patógeno.

Estos porcentajes de inhibición son comparables con los reportados para otros aceites esenciales evaluados frente a *L. theobromae*. Da Silva et al. (2025) describen que aceites esenciales como orégano, romero, albahaca clavo y corteza de canela alcanzaron inhibiciones totales o cercanas al 100% del crecimiento micelial a concentraciones entre 0,50 y 1,00 $\mu\text{L mL}^{-1}$ (500–1000 ppm); mientras que para algunos patógenos fueron necesarias concentraciones de hasta 2,00 $\mu\text{L mL}^{-1}$ para lograr la inhibición completa, aspecto que también es señalado por Piloza et al. (2024) quienes mencionan que aceites esenciales de tomillo y orégano evaluados

frente a *L. theobromae* presentaron una inhibición dependiente de la concentración, alcanzando valores del 100 % con concentraciones mínimas inhibitorias entre 250 y 500 ppm.

Figura 3.

Tasa de crecimiento micelial de *Lasiodiplodia Theobromae* in vitro



Fuente: Elaboración propia

Los resultados evidencian un incremento progresivo de la tasa de crecimiento micelial conforme avanza el tiempo de incubación. En los tratamientos donde se registró crecimiento, la tasa fue inicialmente baja durante los primeros días, aumentando de manera marcada a partir del cuarto día. Se observaron valores elevados de tasa de crecimiento, alcanzándose un máximo de 1047,8 mm/día al sexto día. En el séptimo día, el valor registrado (898,1 mm²/día) no superó al del día seis, lo cual no representa una disminución real del crecimiento, sino que se debe a que el micelio alcanzó completamente los límites de la placa de Petri, impidiendo la medición del crecimiento total durante ese día.

Conclusiones

El rendimiento del aceite esencial de paico (*Dysphania ambrosioides*) obtenido mediante destilación por arrastre de vapor presentó valores comprendidos entre 0,08% y 0,097%, con un rendimiento promedio de 0,089%. Los rendimientos obtenidos se encuentran en concordancia con los valores reportados en la literatura científica. Estos resultados evidencian que el método de extracción empleado fue eficiente y permitió la obtención del aceite esencial dentro de un rango esperado para esta especie vegetal.

La caracterización química del aceite esencial de *Dysphania ambrosioides* obtenido en Pasaje mostró un perfil dominado por monoterpenos, destacándose el Ascaridole como compuesto mayoritario, seguido de α -terpineno y o-cymene y compuestos minoritarios como carvacrol, benzyl butanoate, linalool formate, entre otros. Las variaciones observadas en comparación con estudios previos se atribuyen a factores geográficos y a las condiciones de obtención del material vegetal. La presencia predominante de estos compuestos bioactivos se relaciona directamente con la actividad antifúngica observada, respaldando su potencial como agente inhibidor de origen natural.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos in vitro, se determinó que la concentración del aceite esencial de paico (*Dysphania ambrosioides*) con mayor actividad antifúngica contra *Lasiodiplodia theobromae* corresponde a 2900 ppm, ya que a partir de esta concentración se logró una inhibición del 100 % del crecimiento micelial durante todo el periodo de evaluación, evidenciando una supresión completa y sostenida del patógeno. No obstante, el comportamiento observado a 2800 ppm, donde se alcanzan porcentajes de inhibición elevados y sostenidos, sugiere la posible existencia de un rango crítico de inhibición comprendido entre 2800 y 2900 ppm, en el cual el efecto antifúngico se intensifica hasta alcanzar el máximo efecto inhibitorio.

Si bien la inhibición total se alcanzó a una concentración mayor en comparación con la reportada para otros aceites esenciales y para el propio aceite de *D. ambrosioides* frente a diferentes hongos fitopatógenos, estos resultados son relevantes considerando que no existen antecedentes específicos sobre la aplicación del aceite esencial de paico frente al crecimiento de *L. theobromae*. Por tanto, los hallazgos del presente estudio aportan información novedosa y confirman que la eficacia antifúngica del aceite esencial de *D. ambrosioides* es dependiente de la concentración y de la especie fúngica, posicionando a 2900 ppm como la concentración óptima para el control in vitro de *Lasiodiplodia theobromae*.

Referencias Bibliográficas

- Adams, R. (2007). Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. *Carol Stream*, 16, 65-120.
- Agarwal, P., Sebghatollahi, Z., Kamal, M., Dhyani, A., Shrivastava, A., Singh, K. K., Sinha, M., Mahato, N., Mishra, A. K., & Baek, K.-H. (2022). Citrus Essential Oils in Aromatherapy: Therapeutic Effects and Mechanisms. *Antioxidants*, 11(12), 2374. <https://doi.org/10.3390/antiox11122374>
- Amaya Rodríguez, E. j, Sastoque Rey, P. A., & Acero Godoy, J. (2021). Efectividad de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* (Tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *Hirtum* (Orégano griego) probados contra *Ralstonia solanacearum* fitopatógeno del cultivo de *Solanum lycopersicum* (Tomate). *Revista Environment & Technology*, 2(1), 1-18. <https://doi.org/10.56205/ret.2-1.1>
- Análisis trimestral de comercio exterior 2024 – Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca.* (2024). <https://www.produccion.gob.ec/analisis-trimestral-de-comercio-exterior-2024/>
- Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P., & Angioni, A. (2007). Characterization of the Volatile Constituents in the Essential Oil of *Pistacia lentiscus* L. from Different Origins and Its Antifungal and Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(17), 7093-7098. <https://doi.org/10.1021/jf071129w>
- Beltrán Sinchiguano, E., Matute Déleg, E., Andrade Cuví, M. J., & Rubio Montero, D. (2017). Efecto de la Radiación UV-C en la Flora Nativa y Capacidad Antioxidante de la Mezcla para Té Compuesto por Toronjil, Ortiga, Perejil y Paico Provenientes de Cotacachi—Ecuador. *Revista Politécnica*, 39(1), 19-26.
- Bessy-Horruitiner, T., Rodríguez-Fuentes, Y., Martínez-Pérez, J., García-Oduardo, N., & Pérez-Silva, R. M. (2025). Evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en *Jatropha curcas*. *Chemical Technology*, 45, 36-50.
- Blas Paredes, Z. M., & Solano Casachagua, G. S. (2025). Extracción por arrastre de vapor, caracterización fisicoquímica y composición química del aceite esencial de *Dysphania Ambrosioides* “Paico” fresco y deshidratado. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/9289>
- Bomfim Rêgo, A. P., Mora-Ocampo, I. Y., & Corrêa, R. X. (2023). Interactions of Different Species of *Phytophthora* with Cacao Induce Genetic, Biochemical, and Morphological Plant Alterations. *Microorganisms*, 11(5), 1172. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051172>
- Brito Cruz, D. S. (2024). *Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos obtenidos en endospermo, endocarpio y epicarpio de mamey (Pouteria sapota Jacq.) Sobre Lasiodiplodia theobromae*. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/20995>
- Campos Mora, M., Angulo De Castro, I., & Echavarria Pedraza, M. C. (2023). Evaluación de técnicas para el control biológico en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey-Casanare, Colombia. *Revista EIA*, 20(39), 3912 pp. 1-26. <https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1621>
-

- Chain Tumbaco, N. A., & García Baco, A. C. (2023). *Extracción y caracterización de aceite esencial de las hojas de paico (Chenopodium ambrosioides L.) asistida por hidrodestilación*. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/73386>
- Colina-Márquez, J. Á., Contreras, E., Ruiz, J., & Monroy, L. (2022). Comparación de dos métodos de extracción para el aceite esencial de la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*). *Revista Ing-Nova*, 1(1), 85-98. <https://doi.org/10.32997/rin-2022-3729>
- Da Silva, A. M., Terao, D., Vilela, E. S. D., N. De Queiroz, S. C., Maya, A. H. N., & Fracarolli, Y. A. (2025). *Essential oils on the control of postharvest diseases of papaya*. 97(1). <https://www.scielo.br/j/aabc/a/3VG9PDtkjGLPKWhzP7nFWVm/?lang=en>
- Dagni, A., Codruta Hegheş, S., Suharoschi, R., Pop, O. L., Fodor, A., Vulturar, R., Cozma, A., Aniq filali, O., Vodnar, D. C., Soukri, A., & El Khalfi, B. (2022). Essential oils from *Dysphania* genus: Traditional uses, chemical composition, toxicology, and health benefits. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1024274>
- Díaz-Cama, A. E., Bautista-Espinosa, M. V., Quispe-Barrantes, P., & Flores-Arizaca, J. M. (2023). Aceites Esenciales de *Zingiber Officinale*: Extracción por pulsos de vapor en cascada. *Revista Biodiversidad Amazónica*, 2(2), 38-53. <https://doi.org/10.55873/rba.v2i2.230>
- dos Santos Pereira, J., Silva Santos, A., Newman Luz, E. D. M., & Corrêa, R. X. (2024). Sources of resistance to witches' broom disease in cacao (*Theobroma cacao* L.): Progress update and perspectives. *Plant Breeding*, 143(6), 798-809. <https://doi.org/10.1111/pbr.13205>
- Duarte Pasaguay, C. G., Tomalá Reyes, C. J., & Manzano Santana, P. I. (2022). *Valoración de la actividad antifúngica in vitro de dos aceites esenciales para la inhibición del crecimiento de lasiodiplodia theobromae patógeno de banano y cacao post cosecha*. [ESPOL. FCNM]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56645>
- Erazo Gálvez, E. C. (2025). *Elaboración de un condimento gourmet a partir de ají rocoto (Capsicum pubescens), paico (Dysphania ambrosioides) y cedrón (Aloysia citrodora)* [bachelorThesis, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/15991>
- Ez-Zriouli, R., ElYacoubi, H., Imtara, H., Mesfioui, A., ElHessni, A., Al Kamaly, O., Zuhair Alshawwa, S., Nasr, F. A., Benziane Ouaritini, Z., & Rochdi, A. (2023). Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Activities and Acute Toxicity of *Cedrus atlantica*, *Chenopodium ambrosioides* and *Eucalyptus camaldulensis* Essential Oils. *Molecules*, 28(7), 2974. <https://doi.org/10.3390/molecules28072974>
- Felix Vasquez, Y. (2024). *Control poscosecha de lasiodiplodia theobromae en paltas (Persea americana Mill.) mediante fungicidas químicos y un biológico en cámaras frías*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6764>
- Fernández Rosillo, F., Quiñones Huatangari, L., Ojeda Gaona, T. S., Alfaro Montero, D. del P., Yalta Meza, R. J., Cabrejos Barrios, E. M., & Huamán Mera, A. (2024). Rendimiento de extracción por hidrodestilación del aceite esencial de *Piper aduncum* L. (matico) mediante un modelo cinético. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 5(1), 33-44. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v5i1.208>
-

- Figueroa Merma, A. A. (2021). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos: Ácidos grasos, polifenoles, terpenos y tocoferoles en hojas de Paico [Dysphania ambrosioides (L.) Mosyakin & Clemants]*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4622>
- Flores Hernández, H., Flores Gracia, J., Varela Fuentes, S. E., Pérez Rodríguez, A., Azuara Domínguez, A., & Monteón-Ojeda, A. (2021). Reporte de Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon y Maubl. En árboles cítricos de Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(3), 499-511. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2640>
- Gallegos Flores, P. I., Valenzuela, R. B., Delgadillo Ruiz, L., Meza López, C., & Echavarría Cháirez, F. (2019). ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE CINCO COMPUESTOS TERPENOIDES: CARVACROL, LIMONENO, LINALOOL, α -TERPINENO Y TIMOL. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2). <https://doi.org/10.56369/tsaes.2838>
- García, A., Pico, B., & Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia*, ISSN 2631-2654, 4(2), 152-172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- García-Ordaz, H. A., Chan-Cupul, W., Buenrostro-Nava, M. T., & Valadez-Ramírez, P. (2021). Efectividad in vitro de fungicidas químicos contra Curvularia eragrostidis (Henn) J. A. Mey, agente causal de la mancha foliar en piña. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 429-434. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.047>
- González Puetate, I., Arévalo Bozada, M. M., Vélez León, M. F., & Acosta Prócel, J. M. (2023). Aceites esenciales, alternativa frente a plagas y enfermedades en apicultura: Essential Oils, Alternative Against Pests and Diseases in Beekeeping. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(5), 30-44. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i5.1300>
- Gutierrez Luyo, J. C. (2023). *Evaluación de productos biológicos en el control de Lasiodiplodia theobromae en palto "Persea americana" en condiciones de vivero en Cañete*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/8437>
- Hsu, K.-P., Yang, M.-L., Wei, L. Y., Ho, H.-T., & Ho, C.-L. (2022). Chemical Composition and In Vitro Anti-Wood-Decay Fungal Activities of Dysphania ambrosioides Leaf Essential Oil From Taiwan. *Natural Product Communications*, 17(5), 1934578X221099971. <https://doi.org/10.1177/1934578X221099971>
- Ibáñez, M. D., & Blázquez, M. A. (2021). Curcuma longa L. Rhizome Essential Oil from Extraction to Its Agri-Food Applications. A Review. *Plants*, 10(1), 44. <https://doi.org/10.3390/plants10010044>
- Informes Sectoriales – Banano – Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*. (2018). <https://www.produccion.gob.ec/informes-sectoriales-banano/>
- Jácome Quiroz, L. F., Bolaños Carriel, C. A., Granja Guerra, E., Llanos Proaño, T. E., León Reyes, A., & Barriga Medina, N. N. (2024). Tolerancia in-vitro de Lasiodiplodia theobromae aislado de Musa paradisiaca y Rubus niveus a cinco fungicidas de diferente modo de acción. *Ciencia y Tecnología*, 17(2), 28-39. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i2.831>

- Jiménez, W., Ramírez, A., López, J., & Alvarez, A. (2022). Análisis filogenético de aislamientos patogénicos de la familia botryosphaeriaceae en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Los Ríos. *Ciencia y Tecnología*, 15(2), 43-52. <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.583>
- Kandsi, F., Elbouzidi, A., Lafdil, F. Z., Meskali, N., Azghar, A., Addi, M., Hano, C., Maleb, A., & Gseyra, N. (2022). Antibacterial and Antioxidant Activity of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin and Clemants Essential Oils: Experimental and Computational Approaches. *Antibiotics*, 11(4), 482. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11040482>
- Kodituwakku, T. D., Ekanayake, G. C. M., Abeywickrama, K. P., & Jayakody, R. (2020). In vitro antifungal efficacy of selected essential oils in controlling fungi associated with the stem-end rot disease of mango (cv. Karutha Colomban) fruits and characterisation of antifungal components. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 48(2). <https://doi.org/10.4038/jnsfsr.v48i2.8952>
- León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494-7507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981
- Lezama Paredes, M. J. (2019). Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de hojas de *Chenopodium ambrosioides* (L.) (PAICO) sobre *Staphylococcus aureus*. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/11063>
- López-Zapata, S. P., & Castaño-Zapata, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [*Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1240>
- Mariscal Acosta, A. S. (2020). *Problemas de la comercialización de banano (Musa paradisiaca), en el Ecuador.* [BABAHOYO:UTB,2020]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8507>
- Masaquiza Jiménez, J. J. (2024). "Antagonismo in vitro de *trichoderma* spp. Y *bacillus subtilis* frente al patógeno *lasiodiplodia theobromae* en mora". <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11904>
- Mirasierra Velardo, R. (2021). *Control biológico in vitro de hongos patógenos de madera de vid mediante el uso de aceites esenciales*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50998>
- Moreira-Morrillo, A. A., Cedeño-Moreira, Á. V., Canchignia-Martínez, F., & Garcés-Fiallos, F. R. (2021). *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maul [(sin.) *Botryodiplodia theobromae* Pat] en el cultivo de cacao: Síntomas, ciclo biológico y estrategias de manejo. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 653-662. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.068>
- Mrvová, M., Medo, J., Lakatošová, J., Barboráková, Z., Golian, M., Mašková, Z., & Tančinová, D. (2024). Vapor-Phase Essential Oils as Antifungal Agents against *Penicillium olsonii* Causing Postharvest Cherry Tomato Rot. *Foods*, 13(19), 3202. <https://doi.org/10.3390/foods13193202>
- NIST, N. C. W. (2025). *Libro del Web de Química del NIST*. National Institute of Standards and Technology. <https://webbook.nist.gov/chemistry/>
-

- Paredes Andrade, N., Monteros Altamirano, Á., Lima Tandazo, L., Caicedo Vargas, C., Bastidas Muñoz, S., Tinoco Jaramillo, L., Fernandez Achundia, F., Vargas Tierra, Y., Pico Rosado, J., Subía García, C., Burbano Cachiguango, A., Chanaluisa Choloquina, A., Sotomayor Akopyan, D., Díaz Martínez, A., Intriago Intriago, J., Chancosa, C., Andrade, A., & Enríquez, G. (2022). *Manual del cultivo de cacao sostenible para la amazonía ecuatoriana: Vol. Manual No. 125* (1.^a ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Parrales Sellan, J. C., & Rivas Encarnacion, K. M. (2022). *Estudio comparativo del aceite esencial de paico (dysphania ambrosioides) provenientes de 3 sectores de la provincia de El Oro* [Machala : Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21109>
- Pilaloe David, W., Alvarado Aguayo, A., Pérez Vaca, D., & Torres Sánchez, S. (2021). Manejo agroecológico de la Moniliasis en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón La Troncal. *Revista Alfa*, 5(15), 453-468. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.129>
- Pilozo, G., Villavicencio-Vásquez, M., Chóez-Guaranda, I., Murillo, D. V., Pasaguay, C. D., Reyes, C. T., Maldonado-Estupiñán, M., Ruiz-Barzola, O., León-Tamariz, F., & Manzano, P. (2024). Chemical, antioxidant, and antifungal analysis of oregano and thyme essential oils from Ecuador: Effect of thyme against *Lasiodiplodia theobromae* and its application in banana rot. *Heliyon*, 10(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31443>
- Quevedo Carranza, E. I., Prado Carpio, E. C., Valarezo Macías, C. A., & Renteria Minuche, J. P. (2024). Análisis de los Beneficios Económicos y Ambientales: Producción de Banano Orgánico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 6696-6709. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10031
- Quispe Guzman, N. M. (2023). *Nivel de conocimiento de la actividad antimicrobiana de la mezcla de los aceites esenciales de Dysphania ambrosioides(Paico) y Mentha spicata (Hierbabuena) frente a bacterias tipificadas, huaycán—Lima, 2021*. <https://hdl.handle.net/20.500.13053/10435>
- Reyes Castro, B., Lorenzo Nicao, M. E., Castellanos González, L., Pérez, Y., & Jimenez Carbonell, R. (2022). Potencial fungicida de cinco extractos vegetales sobre *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium* spp y *Curvularia* spp. *CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROPECUARIA*, 7(2), 44-49. <https://doi.org/10.24054/cyta.v7i2.2808>
- Rojas-Amado, A. G., & Acero-Godoy, J. (2023). Comparación de la actividad antifúngica de los aceites esenciales del género *Cinnamomum* spp. Contra fitopatógenos. *Revista Tecnología en Marcha*, Pág. 3-19. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i2.5854>
- Rusin, C., Rossi Cavalcanti, F., Giloni de Lima, P. C., Duarte Rios Faria, C. M., Kurtz Almança, M. A., & Vasconcelos Botelho, R. (2021). Control of the fungi *Lasiodiplodia theobromae*, the causal agent of dieback, in cv. Syrah grapevines. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, e44785-e44785. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.44785>
-

- Salvatore, M. M., Alves, A., & Andolfi, A. (2020). Secondary Metabolites of *Lasiodiplodia theobromae*: Distribution, Chemical Diversity, Bioactivity, and Implications of Their Occurrence. *Toxins*, 12(7), 457. <https://doi.org/10.3390/toxins12070457>
- Santiago-Santiago, M., Sánchez-Viveros, G., Santiago Santiago, M., Pariona, N., Hernández-Montiel, L. G., & Chiquito-Contreras, R. G. (2024). ¿La nueva terapia para las plantas? – Los aceites esenciales para control de enfermedades en agricultura. *Informacion Tecnica Economica Agraria*. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.005>
- Stegmayer, M. I., Fernandez, L. N., Alvarez, N. H., Olivella, L., Gutiérrez, H. F., Favaro, M. A., & Derita, M. G. (2021). Aceites esenciales provenientes de plantas nativas para el control de hongos fitopatógenos que afectan a frutales. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/171391>
- Tian, F., Woo, S. Y., Lee, S. Y., Park, S. B., Zheng, Y., & Chun, H. S. (2022). Antifungal Activity of Essential Oil and Plant-Derived Natural Compounds against *Aspergillus flavus*. *Antibiotics*, 11(12), 1727. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11121727>
- Torres Revelo, N. C. (2023). *Diversidad genética de Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl. En pitahaya y sensibilidad a fungicidas de diferentes modos de acción*. [Escuela Superior Politecnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/49c489cf-8d5e-4442-ae78-e302884411df>
- Vera Valdiviezo, N. A., Bonilla Delgado, M. I., & Ruíz Palomino, P. (2025). Competitividad del Sector Bananero del Ecuador. Un Análisis de su Evolución. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 3075-3094. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17127
- Yousefzadi, M., Heidari, M., Akbarpour, M., Mirjalili, M., Zeinali, A., & Parsa, M. (2010). In vitro Cytotoxic Activity of the Essential Oil of *Dorema ammoniacum* D. Don. *Middle East J Sci Res*, 7.
- Zafar Imam, M., & Akter, S. (2011). *Musa paradisiaca* L. and *Musa sapientum* L.: A Phytochemical and Pharmacological Review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, :(Issue), 14-20.
-