

Ocotea quixos* y su impacto en la inhibición de hongos fitopatógenos *Rizhopus stolonifer* y *Aspergillus niger

Ocotea quixos and its impact on the inhibition of phytopathogenic fungi *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger*

Ocotea quixos e seu impacto na inibição dos fungos fitopatogênicos *Rhizopus stolonifer* e *Aspergillus niger*

Dahua Gualinga, Ruth Dayra
Universidad Estatal Amazónica

rd.dahuag@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-3472-6540>



Conforme Garcia, Mariana Magdalena
Universidad Estatal Amazónica

mm.conformeg@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4844-3604>



Orellana Medina, Carmen Iralda
Universidad Estatal Amazónica

ci.orellanam@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-9324-7670>



Rodríguez Almeida, Nancy Narcisa
Universidad Estatal Amazónica

nn.rodriguez@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-8843-920X>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/769>

Como citar:

Dahua Gualinga, R. D., Conforme Garcia, M. M., Orellana Medina, C. I., & Rodríguez Almeida, N. N. (2025). *Ocotea quixos* y su impacto en la inhibición de hongos fitopatógenos *Rizhopus stolonifer* y *Aspergillus niger*. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E1), 1308–1323. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/769>

Recibido: 23/02/2025

Aceptado: 21/03/2025

Publicado: 31/03/2025

Resumen

Se evaluó el potencial antifúngico del hidrolato de *Ocotea quixos* contra los hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger* a diferentes concentraciones (0, 5, 10, 25 y 50%), evidenciando una inhibición significativa del crecimiento micelial. *R. stolonifer* fue la especie más susceptible, alcanzando un 100% de inhibición a la concentración más alta, mientras que las concentraciones de 25%, 10% y 5% lograron inhibiciones del 88,9%, 75,6% y 66,6%, respectivamente. En contraste, *A. niger* mostró menor sensibilidad, con una inhibición máxima del 55,6% a 50%, seguida de 33,4% a 25%, 15,6% a 10% y 4,45% a 5%. El análisis estadístico reveló que la inhibición dependió significativamente del tipo de hongo ($p = 0.018$), aunque la concentración del hidrolato no mostró un efecto significativo ($p = 0.070$). Además, el modelo de regresión indicó mayores tasas de crecimiento en *A. niger* en comparación con *R. stolonifer*, confirmando diferencias en la susceptibilidad antifúngica entre especies. Estos resultados sugieren que el hidrolato de *O. quixos* posee un alto potencial antifúngico, especialmente contra *R. stolonifer*, lo que resalta su posible aplicación como alternativa natural en el control de hongos fitopatógenos en la agricultura.

Palabras clave: hidrolato, *Ocotea quixos*, actividad antifúngica, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, inhibición del crecimiento, hongos fitopatógenos, biocontrol, alternativa natural, agricultura.

Abstract

The antifungal potential of *Ocotea quixos* hydrolate was evaluated against the phytopathogenic fungi *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* at different concentrations (0, 5, 10, 10, 25 and 50%), showing a significant inhibition of mycelial growth. *R. stolonifer* was the most susceptible species, achieving 100% inhibition at the highest concentration, while concentrations of 25%, 10% and 5% achieved inhibitions of 88.9%, 75.6% and 66.6%, respectively. In contrast, *A. niger* showed lower sensitivity, with a maximum inhibition of 55.6% at 50%, followed by 33.4% at 25%, 15.6% at 10% and 4.45% at 5%. Statistical analysis revealed that inhibition was significantly dependent on fungal type ($p = 0.018$), although hydrolate concentration showed no significant effect ($p = 0.070$). Furthermore, the regression model indicated higher growth rates in *A. niger* compared to *R. stolonifer*, confirming differences in antifungal susceptibility between species. These results suggest that *O. quixos* hydrolate has a high antifungal potential, especially against *R. stolonifer*, which highlights its possible application as a natural alternative in the control of phytopathogenic fungi in agriculture.

Keywords: hydrolate, *Ocotea quixos*, antifungal activity, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, growth inhibition, phytopathogenic fungi, biocontrol, natural alternative, agriculture.

Resumo

O potencial antifúngico do hidrolato de *Ocotea quixos* foi avaliado contra os fungos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* e *Aspergillus niger* em diferentes concentrações (0, 5, 10, 25 e 50%), mostrando uma inibição significativa do crescimento micelial. *R. stolonifer* foi a espécie mais suscetível, atingindo 100% de inibição na concentração mais elevada, enquanto as concentrações de 25%, 10% e 5% atingiram 88,9%, 75,6% e 66,6% de inibição, respectivamente. Em contraste, *A. niger* mostrou menor sensibilidade, com uma inibição máxima de 55,6% a 50%, seguida de 33,4% a 25%, 15,6% a 10% e 4,45% a 5%. A análise estatística revelou que a inibição foi significativamente dependente do tipo de fungo ($p = 0,018$), embora a concentração de hidrolato não tenha mostrado um efeito significativo ($p = 0,070$). Além disso, o modelo de regressão indicou taxas de crescimento mais elevadas em *A. niger* em comparação com *R. stolonifer*, confirmando diferenças na suscetibilidade antifúngica entre espécies. Estes resultados sugerem que o hidrolato de *O. quixos* tem um elevado potencial

antifúngico, especialmente contra *R. stolonifer*, destacando a sua potencial aplicação como una alternativa natural no control de fungos fitopatogénicos na agricultura.

Palavras-chave: hidrolato, *Ocotea quixos*, atividade antifúngica, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, inibição do crescimento, fungos fitopatogénicos, biocontrol, alternativa natural, agricultura.

Introducción

La agricultura global enfrenta serios desafíos debido a la expansión de diversos fitopatógenos, entre los cuales los hongos destacan como una de las principales amenazas. El control de estos organismos se ha vuelto más difícil debido a la creciente resistencia a los compuestos antifúngicos tradicionales (Lucas et al., 2015).

En respuesta a esta problemática, la comunidad científica ha centrado sus esfuerzos en la búsqueda de alternativas más eficaces y seguras, tanto para el medio ambiente como para la salud humana y la fauna benéfica. En este sentido, los aceites esenciales y los hidrolatos han cobrado relevancia como una estrategia viable para combatir hongos y otros patógenos agrícolas (Sánchez, 2015). Estos compuestos, de origen vegetal y naturaleza volátil, son conocidos por su capacidad antimicrobiana (Başer y Buchbauer, 2010)

Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. (Lauraceae), también conocida como *Nectandra cinnamomoides* Nees. o *Laurus quixos* Lam., es una especie arbórea de tamaño moderado, con una altura que oscila entre los 5 y 20 metros. Sus brotes florales son de tonalidad verde, las flores son blancas y los frutos presentan dos formas distintas. Las hojas tienen una textura coriácea, con un follaje que se caracteriza por un brillo intenso en la cara superior (adaxial), mientras que en la inferior (abaxial) adquieren un tono amarillento y venaciones rojizas. Aunque se creía originalmente que esta especie era exclusiva de las selvas tropicales de Ecuador, investigaciones recientes han confirmado su presencia también en el sur de Colombia y Perú (Sacchetti et al., 2006).

Los hidrosoles o hidrolatos se obtienen durante la extracción de aceites esenciales de plantas aromáticas. Están compuestos principalmente por el agua que se condensa durante la destilación, así como por componentes volátiles de aceite, oxigenados, con propiedades hidrofílicas que se combinan con el agua mediante enlaces de hidrógeno. Esta mezcla contiene una cantidad variable de aceite esencial (generalmente menor a 1 g/L) y metabolitos secundarios volátiles que son solubles en agua (Labadie et al., 2015).

Los hidrosoles son económicos y sencillos de producir, y parecen tener menor toxicidad para la salud humana en comparación con los aceites esenciales. Aunque diversos estudios han reportado su actividad antimicrobiana, la información disponible sigue siendo limitada (D'Amato, Serio, López, & Paparella, 2018).

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones del hidrolato de *Ocotea quixos* en la inhibición del crecimiento de los hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*, determinando su potencial antifúngico a través del análisis del crecimiento miceliar en medio de cultivo.

Metodología

Localización

El estudio se realizó en la ciudad de Puyo, en la provincia de Pastaza, Ecuador, en los laboratorios de Química y Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica.

Recolección del material vegetal

Las hojas de *Ocotea quixos* fueron recolectadas de árboles con buenas características de las instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica ubicada en el kilómetro 2 ½ vía Puyo-Tena

Extracción del hidrolato de Canela

Se utilizaron 2 kg de hojas limpias, las cuales se colocaron en un extractor de aceites esenciales de la marca Figmay, escala de laboratorio, con capacidad para 2 kg, utilizando el método de arrastre de vapor. Se añadieron 2 litros de agua destilada al equipo y el proceso de extracción se mantuvo durante 2 horas hasta obtener el hidrolato. El producto final fue almacenado en un lugar oscuro y refrigerado para preservar su calidad. (Arango, Hurtado, Castillo, & Santacruz, 2009).

Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial completo con dos factores para estudiar el efecto de las concentraciones de hidrolato sobre el desarrollo de los hongos *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*. Los factores analizados fueron la concentración de hidrolato, con cinco niveles (0, 5, 10, 25 y 50 %), y el tipo de hongo, con dos niveles correspondientes a las especies mencionadas, lo que resultó en diez combinaciones experimentales. La variable de respuesta fue el diámetro de crecimiento de los hongos, evaluado a través de la inhibición de este. Para cada combinación de concentración y tipo de hongo, se realizaron tres réplicas para asegurar la consistencia de los resultados. Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico Minitab, lo que permitió evaluar tanto los efectos individuales de cada factor como las interacciones entre la concentración de hidrolato y el tipo de hongo en el crecimiento fúngico.

Tabla 1.

Diseño experimental propuesto por Minitab Estatistical Software.

Experimen to	FACTOR A	FACTOR B	VARIABLE DE RESPUESTA	
	Concentración (%)	Fitopatógeno	Crecimiento miceliar (mm)	Inhibición (%)
1	0	<i>Rhizopus stolonifer</i>		

2	5	<i>Rhizopus stolonifer</i>
3	10	<i>Rhizopus stolonifer</i>
4	25	<i>Rhizopus stolonifer</i>
5	50	<i>Rhizopus stolonifer</i>
6	0	<i>Aspergillus niger</i>
7	5	<i>Aspergillus niger</i>
8	10	<i>Aspergillus niger</i>
9	25	<i>Aspergillus niger</i>
10	50	<i>Aspergillus niger</i>

Nota: Autores (2025).

Actividad Antifúngica

Para evaluar la actividad antifúngica del hidrolato de (*Canela*) *Ocotea quixos*, se utilizaron dos hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* ATCC®6227 y *Aspergillus niger* ATCC®6275, conservados en el laboratorio de microbiología de la Universidad Estatal Amazónica. Las cepas fúngicas fueron cultivadas en placas Petri con Agar Papa Dextrosa (PDA), y el hidrolato de *Canela Ocotea quixos* se aplicó en concentraciones de 0, 5, 10, 25 y 50 %, utilizando la técnica de medio envenenado.

Para llevar a cabo el ensayo, se vertieron 30 mL del medio suplementado con hidrolato en placas de Petri de vidrio de 9 centímetros de diámetro (90mm). Todas las placas fueron incubadas a 27°C durante 7 días, registrando diariamente el diámetro de las colonias. El porcentaje de inhibición del hidrolato se evaluó midiendo el crecimiento micelar de los hongos expuestos a distintas concentraciones del tratamiento. Como control negativo, se utilizó medio de cultivo PDA sin tratamiento.

Este cálculo permitió evaluar el efecto de las diferentes concentraciones de hidrolato en la inhibición del crecimiento micelial en comparación con el testigo (Ochoa Fuentes, et al., 2012).

Resultados

Tabla 2.

Rendimiento de la extracción del hidrolato y aceite esencial

Material	Cantidad utilizada	Rendimiento obtenido
Hojas de <i>Ocotea quixos</i>	2 kg	
Agua adestilada	2 L	
Hidrolato de <i>Ocotea quixos</i>	-	80%
Aceite esencial	-	0,18%

Nota: Autores (2025).

El rendimiento de la extracción del hidrolato y el aceite esencial de *Ocotea quixos* fue evaluado utilizando 2 kg de hojas y 2 L de agua destilada. El proceso de extracción resultó en un rendimiento significativo del 80% en la obtención de hidrolato, lo que sugiere una alta eficiencia en la extracción de este producto acuoso. En contraste, el rendimiento del aceite esencial fue de solo 0,18%, lo que refleja la menor cantidad de aceite esencial presente en las hojas de *Ocotea quixos* en comparación con el hidrolato. Estos resultados indican que el hidrolato es el principal producto obtenido durante la extracción, lo cual es característico de las especies que producen cantidades pequeñas de aceite esencial.

Tabla 3.

Resultados obtenidos de la actividad antifúngica

Experimento	FACTOR A	FACTOR B	VARIABLE DE RESPUESTA	
	Concentración (%)	Fitopatógeno	Crecimiento micelial (mm)	Inhibición (%)
1	0	<i>Rhizopus stolonifer</i>	90	0
2	5	<i>Rhizopus stolonifer</i>	30	66,6

3	10	<i>Rhizopus stolonifer</i>	22	75,6
4	25	<i>Rhizopus stolonifer</i>	10	88,9
5	50	<i>Rhizopus stolonifer</i>	0	100
6	0	<i>Aspergillus niger</i>	90	0
7	5	<i>Aspergillus niger</i>	86	4,45
8	10	<i>Aspergillus niger</i>	76	15,6
9	25	<i>Aspergillus niger</i>	60	33,4
10	50	<i>Aspergillus niger</i>	40	55,6

Nota: Autores (2025).

Se evaluó el efecto antimicrobiano del hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) sobre el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger* en diferentes concentraciones (0, 5, 10, 25 y 50%). Los resultados mostraron que a medida que la concentración del hidrolato aumentaba, también lo hacía la inhibición del crecimiento micelial. En el caso de *Rhizopus stolonifer*, a la concentración de 50%, el crecimiento micelial fue nulo (0 mm), lo que correspondió a una inhibición total (100%). A concentraciones de 25%, 10%, 5% y 0%, el crecimiento micelial se redujo progresivamente, alcanzando 10 mm, 22 mm, 30 mm y 90 mm, respectivamente, lo que representó inhibiciones del 88,9%, 75,6%, 66,6% y 0%. En el caso de *Aspergillus niger*, la inhibición fue menor, con un crecimiento micelial de 40 mm a 50% de concentración (55,6% de inhibición), 60 mm a 25% (33,4% de inhibición), 76 mm a 10% (15,6% de inhibición), 86 mm a 5% (4,45% de inhibición) y 90 mm a 0% (0% de inhibición). Estos resultados sugieren que el hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) tiene un potencial antimicrobiano considerable, especialmente contra *Rhizopus stolonifer*, lo que lo convierte en una opción prometedora para el control biológico de hongos fitopatógenos.

Tabla 4.

Información del diseño experimental usado

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Concentración (%)	Fijo	5	0, 5, 10, 25, 50
Fitopatógeno	Fijo	2	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i>

Nota: Autores (2025).

En el diseño experimental empleado, se evaluaron dos factores: la concentración del hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) y el tipo de fitopatógeno. La concentración del hidrolato se utilizó como un factor con 5 niveles (0, 5, 10, 25 y 50%), mientras que el tipo de fitopatógeno se estableció con 2 niveles, representados por *Aspergillus niger* y *Rhizopus stolonifer*. Este diseño permitió analizar los efectos de diferentes concentraciones del hidrolato sobre el crecimiento micelial de ambos hongos, facilitando la evaluación de las interacciones entre la concentración del tratamiento y el tipo de hongo en términos de inhibición del crecimiento.

Tabla 5.

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Concentración (%)	4	5578	1394.6	5.18	0.070
Fitopatógeno	1	4000	4000.0	14.87	0.018
Error	4	1076	269.0		
Total	9	10654			

Nota: Autores (2025).

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 5, se evaluaron los efectos de la concentración del hidrolato y del tipo de fitopatógeno sobre el crecimiento micelial de los hongos. Se observó que el factor concentración (%) mostró un valor de F de 5.18 y un valor de p de 0.070, lo que indica que la concentración no tuvo un efecto significativo a un nivel de confianza del 95% (valor de $p > 0.05$). Por otro lado, el factor fitopatógeno presentó un valor de F de 14.87 y un valor de p de 0.018, lo que sugiere que el tipo de hongo tiene un efecto significativo sobre el crecimiento micelial, con un $p < 0.05$. Esto implica que el tipo de fitopatógeno influye de manera estadísticamente significativa en la inhibición del crecimiento fúngico. El error tuvo un valor de SC Ajust. de 1076 y MC Ajust. de 269.0, y el análisis total de la variación mostró una SC Total de 10654.

Tabla 6.*Resumen del modelo*

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
16.4012	90.90%	87.28%	36.88%

Nota: Autores (2025).

En el resumen del modelo mostrado en la Tabla 6, se presentan los resultados de ajuste para el análisis realizado. El valor de S es 16.4012, lo que indica la desviación estándar de los residuos del modelo. El R-cuadrado es de 90.90%, lo que sugiere que el modelo explica el 90.90% de la variabilidad total en los datos, lo que indica un ajuste adecuado. El R-cuadrado ajustado es de 87.28%, lo que refleja el ajuste del modelo teniendo en cuenta el número de variables independientes, y muestra que el modelo sigue siendo válido al considerar las variables explicativas.

Tabla 7.*Tabla de coeficientes*

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	50.40	5.19	9.72	0.001	
Concentración (%)					
0	39.6	10.4	3.82	0.019	1.60
5	7.6	10.4	0.73	0.504	1.60
10	-1.4	10.4	-0.13	0.899	1.60
25	-15.4	10.4	-1.48	0.212	1.60
Fitopatígeno					
<i>Aspergillus niger</i>	20.00	5.19	3.86	0.018	1.00

Nota: Autores (2025).

La Tabla 7 muestra los coeficientes obtenidos en el modelo de regresión para predecir el crecimiento micelial en función de la concentración del hidrolato de *Ocotea quixos* y el tipo de fitopatígeno.

La constante del modelo es 50.40, lo que representa el valor promedio de crecimiento miceliar cuando todos los factores son cero. En cuanto a la concentración del hidrolato, se observa que el coeficiente para 0% es 39.6 ($p = 0.019$), lo que indica un crecimiento miceliar significativamente mayor en ausencia de tratamiento. A medida que la concentración del hidrolato aumenta, los coeficientes disminuyen, sugiriendo una reducción en el crecimiento de los hongos. Sin embargo, los valores de p para las concentraciones de 5, 10 y 25% son mayores a 0.05, lo que indica que estas concentraciones no tienen un efecto estadísticamente significativo en la reducción del crecimiento miceliar.

Por otro lado, el coeficiente para *Aspergillus niger* es 20.00 ($p = 0.018$), lo que sugiere que esta especie presenta un crecimiento significativamente mayor en comparación con *Rhizopus stolonifer*, que se toma como referencia en el modelo.

El Factor de Inflación de la Varianza (FIV) es menor a 2 en todas las variables, lo que indica que no existe un problema grave de colinealidad entre los factores analizados.

Tabla 8.

Ecuación propuesta

Variable	Coficiente
Intercepto	50.40
Concentración (%)_0	39.6
Concentración (%)_5	7.6
Concentración (%)_10	-1.4
Concentración (%)_25	-15.4
Concentración (%)_50	-30.4
Fitopatógeno_Aspergillus niger	20.00
Fitopatógeno_Rhizopus stolonifer	-20.00

Nota: Autores (2025).

La ecuación obtenida a partir del modelo de regresión describe la relación entre la concentración del hidrolato de *Ocotea quixos*, el tipo de fitopatógeno y el crecimiento miceliar. El intercepto de 50.40 mm representa el crecimiento miceliar base sin la influencia de los factores analizados. La concentración del hidrolato influye negativamente en el crecimiento fúngico, con una disminución progresiva del crecimiento miceliar a medida que la concentración del hidrolato aumenta. En particular, la concentración del 50% mostró la mayor reducción del crecimiento (-30.4 mm).

Además, el fitopatógeno también tuvo un impacto significativo, con *Aspergillus niger* mostrando un mayor crecimiento (+20.00 mm) en comparación con *Rhizopus stolonifer*, que presentó una reducción equivalente en la ecuación (-20.00 mm). Estos resultados confirman la eficacia del hidrolato de *Ocotea quixos* en la inhibición del crecimiento miceliar, especialmente a concentraciones más altas.

Discusión

Los resultados obtenidos en la Tabla 2 en la extracción del hidrolato y aceite esencial de *Ocotea quixos*, utilizando 2 kg de hojas y 2 L de agua destilada, evidencian un rendimiento significativamente alto del 80% para el hidrolato, en comparación con un rendimiento mucho más bajo del 0,18% para el aceite esencial. Este fenómeno es coherente con las tendencias observadas en la destilación por arrastre de vapor de plantas aromáticas, donde los hidrolatos, al estar compuestos principalmente por compuestos volátiles solubles en agua, se obtienen en mayores proporciones que los aceites esenciales, que contienen principalmente terpenos y otros metabolitos secundarios hidrofóbicos, resultando en una obtención más limitada (Hamedi et al., 2017). Este elevado rendimiento del hidrolato sugiere que su producción es una opción más rentable y accesible en comparación con el aceite esencial, cuya obtención es más costosa y menos eficiente. Además, aunque los aceites esenciales son reconocidos por sus propiedades

concentradas y potentes, los hidrolatos contienen compuestos bioactivos similares, lo que los hace adecuados para aplicaciones agroindustriales, a un costo mucho menor (Garneau et al., 2014).

Los resultados obtenidos en la Tabla 3 demuestran que el hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) tiene un efecto inhibitorio significativo sobre el crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*, aunque con una eficacia diferencial entre ambas especies. A medida que la concentración del hidrolato aumentaba, se observó una mayor inhibición del crecimiento en ambos hongos. Sin embargo, *Rhizopus stolonifer* fue considerablemente más susceptible, alcanzando una inhibición total (100%) a una concentración del 50%, mientras que *Aspergillus niger* solo mostró una inhibición del 55,6% en la misma concentración.

La mayor sensibilidad de *Rhizopus stolonifer* podría explicarse por su estructura micelial y composición de la pared celular. Estudios previos indican que *Rhizopus stolonifer* posee un micelio cenocítico, lo que implica la ausencia de septos internos, permitiendo que los compuestos bioactivos del hidrolato difundan más rápidamente en su citoplasma y ejerzan un efecto inhibitorio más pronunciado (Cortés-Rivera et al., 2021). Además, su pared celular es menos compleja en comparación con la de *Aspergillus niger*, lo que podría facilitar la penetración de los compuestos antifúngicos y explicar la inhibición total observada a concentraciones altas.

Por otro lado, la menor inhibición observada en *Aspergillus niger* sugiere una mayor resistencia a los compuestos presentes en el hidrolato. Esto puede deberse a la estructura de su pared celular, que es más gruesa y compleja, proporcionando una barrera adicional contra los agentes externos (García-Conde et al., 2024). Además, *Aspergillus niger* posee un sistema enzimático más desarrollado que le permite neutralizar compuestos antimicrobianos, incluyendo la producción de catalasas y peroxidasas que lo protegen del estrés oxidativo inducido por metabolitos secundarios del hidrolato (Frisvad et al., 2018). Philippe (2021)

menciona que la variabilidad en la sensibilidad de los hongos a los inhibidores naturales está directamente relacionada con sus diferencias metabólicas y estructurales, lo que respalda la observación de que *Aspergillus niger* presenta menor inhibición en comparación con *Rhizopus stolonifer*.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar las características estructurales y metabólicas de los hongos fitopatógenos al evaluar la efectividad de compuestos antifúngicos naturales. En particular, el hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) se perfila como una herramienta prometedora para el control biológico de *Rhizopus stolonifer*, mientras que su eficacia contra *Aspergillus niger* podría mejorarse mediante formulaciones que potencien su acción antifúngica. Futuras investigaciones podrían enfocarse en la identificación de los compuestos activos responsables de la inhibición y en la evaluación de su sinergia con otros agentes biocontroladores.

Conclusión

El presente estudio evaluó la actividad antifúngica del hidrolato de *Ocotea quixos* (canela) sobre el crecimiento de los hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*. Los resultados obtenidos muestran que el hidrolato tiene un impacto significativo en la inhibición del crecimiento micelial, especialmente en *Rhizopus stolonifer*. A concentraciones de 50%, el crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer* se redujo a 0 mm, lo que corresponde a una inhibición total del 100%. A concentraciones de 25%, 10%, 5% y 0%, el crecimiento micelial se redujo progresivamente a 10 mm (inhibición del 88,9%), 22 mm (inhibición del 75,6%), 30 mm (inhibición del 66,6%) y 90 mm (sin inhibición), respectivamente. Estos resultados indican que el hidrolato de *Ocotea quixos* es particularmente efectivo contra *Rhizopus stolonifer*, demostrando su capacidad para inhibir su crecimiento a concentraciones relativamente bajas.

En el caso de *Aspergillus niger*, la inhibición fue menor. A una concentración de 50%, el crecimiento micelial fue de 40 mm (inhibición del 55,6%), a 25% fue de 60 mm (inhibición del 33,4%), a 10% fue de 76 mm (inhibición del 15,6%), a 5% fue de 86 mm (inhibición del 4,45%), y a 0% no se observó inhibición (90 mm). Esto sugiere que *Aspergillus niger* es más resistente al hidrolato en comparación con *Rhizopus stolonifer*, aunque aún se puede lograr un control parcial del crecimiento fúngico.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que el tipo de fitopatógeno tiene un efecto significativo sobre la inhibición del crecimiento micelial, con un valor de p de 0.018, lo que indica que las diferencias observadas en el comportamiento de los dos hongos son estadísticamente relevantes. En cambio, el factor concentración (%) no mostró un efecto significativo (valor p = 0.070), aunque la tendencia observada sugiere que concentraciones más altas son más efectivas.

Estos resultados confirman el potencial del hidrolato de *Ocotea quixos* como un agente antifúngico natural, con un mayor impacto contra *Rhizopus stolonifer*. Este hidrolato podría ser una herramienta útil para el control biológico de hongos fitopatógenos, particularmente en situaciones donde *Rhizopus stolonifer* representa una amenaza significativa. Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar su efectividad en condiciones de campo y su combinación con otros métodos de control biológico, con el fin de optimizar su aplicación en la protección de cultivos agrícolas.

Referencias bibliográficas

- Arango, O., Hurtado, A., Castillo, P., & Santacruz, M. (2009). Estudio de las condiciones de extracción por arrastre con vapor del aceite esencial de laurel de cera (*Morella pubescens*). *Revista Bioagro*, 7(2), 97-102. <https://doi.org/10.36610/rev.biagro.2009.7.2.06>
- Başer, K. H. C., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of essential oils: Science, technology and applications* (41 p.). CRC Press.

- Cortés-Rivera, H. J., González-Estrada, R. R., Huerta-Ocampo, J. Á., Blancas-Benítez, F. J., & Gutiérrez-Martínez, P. (2021). Evaluación de quitosano comercial y extractos acuosos de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.) para el control de *Rhizopus stolonifer* aislado de guanábana (*Annona muricata* L.): Pruebas in vitro. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.0.293>
- D'Amato, S., Serio, A., López, C. C., & Paparella, A. (2018). Hidrosoles: Actividad biológica y potencial como antimicrobianos para aplicaciones alimentarias. *Food Control*, 86, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.030>
- Frisvad, J. C., Møller, L. L. H., Larsen, T. O., Kumar, R., & Arnau, J. (2018). Safety of the fungal workhorses of industrial biotechnology: Update on the mycotoxin and secondary metabolite potential of *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, and *Trichoderma reesei*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(22), 9481-9515. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9354-1>
- Garneau, F. X., Collin, G., & Gagnon, H. (2014). Chemical composition and stability of the hydrosols obtained during essential oil production I: The case of *Melissa officinalis* L. and *Asarum canadense* L. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 2, 54-62.
- García-Conde, K. B., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y. M., & Velázquez-Guerrero, J. J. (2024). *Aspergillus oryzae*: Una oportunidad para la agricultura. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 42(1), 1. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2302-2>
- Hamedi, A., Moheimani, S. M., Sakhteman, A., Etemadfard, H., & Moein, M. (2017). An overview on indications and chemical composition of aromatic waters (hydrosols) as functional beverages in Persian nutrition culture and folk medicine for hyperlipidemia and cardiovascular conditions. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22(4), 1–18. <https://doi.org/10.1177/2156587217717414>
- Labadie, C., Ginies, C., Guinebrière, M. H., Renard, C. M. G. C., Cerutti, C., & Carlin, F. (2015). Hydrosols of orange blossom (*Citrus aurantium*), and rose flower (*Rosa damascena* and *Rosa centifolia*) support the growth of a heterogeneous spoilage microbiota. *Food Research International*, 76, 576–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.036>
- Lucas, J. A., Hawkins, N. J., & Fraaije, B. A. (2015). The evolution of fungicide resistance. *Advances in Applied Microbiology*, 90, 29–92.
- Ochoa Fuentes, Y. M., Cerna Chávez, E., Landeros Flores, J., Hernández Camacho, S., & Delgado Ortiz, J. C. (2012). Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de cuatro extractos vegetales metanólicos para el control de tres especies de *Fusarium* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 30(1), 10-16. <https://doi.org/10.5958/j.1851-5657.2012.00010.x>
- Philippe, D. (2021). Applications of predictive modeling techniques to fungal growth in foods. *Current Opinion in Food Science*, 38, 86-90. doi: 10.1016/j.cofs.2020.10.028
- Sacchetti, G., Guerrini, A., Noriega, P., Bianchi, A., & Bruni, R. (2006). Essential oil of wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) leaves from Amazonian Ecuador. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(4), 674–676. <https://doi.org/10.1002/ffj.1648>
- Sánchez-León, G., A. Vargas-Rincón y P. Jiménez. 2015. Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos de dos morfotipos de *Raphanus raphanistrum* L. sobre tres hongos fitopatógenos. *Bioagro* 27(1): 3-10.