

**Actividad antimicrobiana, antifúngica y tamizaje fitoquímico de
*Simira cordifolia***

**Antimicrobial, antifungal and phytochemical screening activity of *Simira
cordifolia***

**Atividade antimicrobiana e antifúngica e rastreio fitoquímico de *Simira
cordifolia***

Dahua Gualinga, Ruth Dayra
Universidad Estatal Amazónica

rd.dahuag@uea.edu.ec

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



Rivera Barreto, Jannyz Lizeth
Universidad Estatal Amazónica

jl.riverab@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2172-0529>



Rodríguez Almeida, Nancy Narcisa
Universidad Estatal Amazónica

nn.rodriguez@uea.edu.ec

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



Sancho Aguilera, David
Universidad Estatal Amazónica

dsancho@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5625-4198>



 DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/382>

Como citar:

Dahua Gualinga, R. D., Rivera Barreto, J. L., Rodríguez Almeida, N. N., & Sancho Aguilera, D. (2024). Actividad antimicrobiana, antifúngica y tamizaje fitoquímico de *Simira cordifolia*. Código Científico Revista De Investigación, 5(1), 260–282.

Recibido: 06/05/2024

Aceptado: 11/06/2024

Publicado: 30/06/2024

Resumen

Este estudio investiga la composición fitoquímica y la actividad antimicrobiana de los extractos acuoso, alcohólico y etéreo de *Simira cordifolia* contra *Candida albicans* y *Escherichia coli*. El tamizaje fitoquímico reveló la presencia de saponinas, flavonoides, fenoles/taninos, aminoácidos y alcaloides, con resultados más amplios en el extracto acuoso. El ensayo antimicrobiano mostró zonas de inhibición significativas para ambos microorganismos, siendo *E. coli* más sensible, exhibiendo zonas de hasta 20 mm, en comparación con *C. albicans* con zonas de hasta 18 mm. El análisis estadístico utilizando ANOVA confirmó la alta significancia del modelo, con la concentración, el tipo de microorganismo y su interacción como factores clave. La robustez del modelo fue validada por altos valores de R^2 y una precisión adecuada. Los hallazgos sugieren que el extracto acuoso de *Simira cordifolia* contiene compuestos bioactivos potentes, lo que lo convierte en un candidato prometedor para el desarrollo de nuevos agentes antimicrobianos.

Palabras clave: Simira cordifolia, Actividad antimicrobiana, Candida albicans Escherichia coli, Extractos fitoquímicos

Abstract

This study investigates the phytochemical composition and antimicrobial activity of aqueous, alcoholic and ethereal extracts of *Simira cordifolia* against *Candida albicans* and *Escherichia coli*. Phytochemical screening revealed the presence of saponins, flavonoids, phenols/tannins, amino acids and alkaloids, with more extensive results in the aqueous extract. The antimicrobial assay showed significant inhibition zones for both microorganisms, with *E. coli* being more sensitive, exhibiting zones up to 20 mm, compared to *C. albicans* with zones up to 18 mm. Statistical analysis using ANOVA confirmed the high significance of the model, with concentration, type of microorganism and their interaction as key factors. The robustness of the model was validated by high R^2 values and adequate precision. The findings suggest that the aqueous extract of *Simira cordifolia* contains potent bioactive compounds, making it a promising candidate for the development of new antimicrobial agents.

Keywords: Simira cordifolia, Antimicrobial activity, Candida albicans Escherichia coli, Phytochemical extracts.

Resumo

Este estudo investiga a composição fitoquímica e a atividade antimicrobiana dos extractos aquoso, alcoólico e etéreo de *Simira cordifolia* contra *Candida albicans* e *Escherichia coli*. O rastreio fitoquímico revelou a presença de saponinas, flavonóides, fenóis/ taninos, aminoácidos e alcalóides, com resultados mais extensos no extrato aquoso. O ensaio antimicrobiano mostrou zonas de inibição significativas para ambos os microrganismos, sendo a *E. coli* mais sensível, exibindo zonas até 20 mm, em comparação com a *C. albicans* com zonas até 18 mm. A análise estatística utilizando ANOVA confirmou a elevada significância do modelo, com a concentração, o tipo de microrganismo e a sua interação como factores-chave. A robustez do modelo foi validada por valores R^2 elevados e uma precisão adequada. Os resultados sugerem que o extrato aquoso de *Simira cordifolia* contém compostos bioactivos potentes, o que o torna um candidato promissor para o desenvolvimento de novos agentes antimicrobianos.

Palavras-chave: Simira cordifolia, Atividade antimicrobiana, Candida albicans Escherichia coli, Extractos fitoquímicos.

Introducción

Se trata de una angiosperma leñosa de la familia Rubiácea, conocida por diversos nombres como Palo Brasil, Pau Brasil, Pernambuco, Mindal y Manglillo en Ecuador. Este árbol puede alcanzar una altura de hasta 20 metros, con hojas ovaladas y frutos redondeados y carnosos. La corteza es inicialmente blanca, pero se vuelve de un rojo intenso al oxidarse. Originaria de la cuenca amazónica, esta especie se distribuye desde Colombia hasta Bolivia. Prefiere desarrollarse en suelos fértiles y húmedos, en climas cálidos, y se encuentra principalmente en bosques primarios de regiones elevadas (Aguirre et al., 2016).

En muchos países donde se encuentra presente, se aprecia ampliamente su madera de excelente calidad en la construcción de viviendas y la fabricación de muebles, lo cual la hace particularmente susceptible debido a su amplia gama de usos. Además, algunas comunidades indígenas la usan ampliamente para teñir fibras. En ciertas comunidades indígenas de Ecuador, se utiliza para tratar la disfunción eréctil, ya que se cree que tiene propiedades vasodilatadoras, y para el tratamiento de infecciones cutáneas como la onicomiosis, aunque este uso no está científicamente validado. Según algunos autores, la planta contiene esteroides, alcaloides, triterpenoides y cumarinas, lo que le confiere un gran potencial medicinal (Aguirre et al., 2016).

Investigaciones fitoquímicas han detectado compuestos bioactivos en *Simira cordifolia*, tales como alcaloides, triterpenoides y cumarinas, lo que indica su posible aplicación en la medicina tradicional (Martínez & Pérez, 2018).

Según estudios realizados por Duran et al. (2023), el análisis preliminar fitoquímico del extracto hidroalcohólico de *Simira cordifolia* (HAE-Sc), llevado a cabo mediante HPLC-ESI-QTOF, reveló que los principales metabolitos presentes en el extracto son iridoides, alcaloides β -carbolínicos y polifenoles.

Los hongos pueden ocasionar infecciones tanto en plantas como en animales. Cerca de 20 hongos son responsables de más del 99% de las infecciones fúngicas en seres humanos,

aunque se han identificado alrededor de 600 tipos diferentes de hongos como posibles agentes infecciosos. Entre estos patógenos fúngicos, las especies de *Cándida* y *Aspergillus* son las más frecuentes y pueden causar infecciones invasivas que pueden ser mortales. Por esta razón, estos hongos se incluyen en todos los ensayos de detección. A pesar de que existen numerosos medicamentos antifúngicos en el mercado, aún se necesita desarrollar fármacos más eficaces con una mayor efectividad (Tangarife et al., 2015).

Candida albicans, una levadura que normalmente es un microorganismo comensal en humanos y otros mamíferos, puede ocasionar síntomas clínicos locales o sistémicos, afectando diversas áreas del cuerpo, que van desde la piel y las mucosas hasta órganos internos. La candidiasis superficial generalmente impacta principalmente en la piel húmeda, así como en las mucosas de la boca y la vagina, pero cuando se propaga a través del torrente sanguíneo, puede afectar cualquier órgano (Pardi & Cardozo, 2020).

Algunas cepas de *E. coli* pueden ser patógenas en humanos, lo cual permite investigar los mecanismos de patogenicidad y desarrollar estrategias para el control de infecciones, lo que la convierte en una opción relevante y versátil en investigación científica, también reconocida como un microorganismo patógeno de importancia clínica (Kaper et al., 2014).

Con el objetivo de enfrentar el problema de la resistencia a varios medicamentos, se ha explorado el potencial antifúngico de las plantas medicinales. Con el tiempo, muchas plantas se han utilizado como tratamientos para diversas enfermedades, especialmente a nivel comunitario, lo que las ha posicionado como opciones de medicina alternativa o complementaria (Ortiz, 2020).

El objetivo de la presente investigación es determinar la actividad antimicrobiana y antifúngica de los extractos de *Simira cordifolia*, así como identificar y caracterizar los compuestos fitoquímicos presentes en dichos extractos utilizando técnicas de tamizaje fitoquímico.

Metodología

Materia Prima

Se obtuvieron las hojas de *Simira cordifolia* en la ciudad de Puyo, en la provincia de Pastaza, concretamente en el área de La Esperanza, a una distancia de 16 kilómetros siguiendo la ruta Puyo-Macas.

Secado de *Simira cordifolia*

La corteza de *Simira cordifolia* fue sometido a un proceso de secado en una estufa marca Binder, modelo ED-S-115U, a una temperatura constante de 40°C durante un lapso de 9 días.

Obtención de extractos de *Simira*

Se emplearon 75 gramos de la corteza seca de *Simira cordifolia* y se midieron 700 mL de agua destilada, los cuales se introdujeron en un matraz para el proceso de extracción. Esta extracción se llevó a cabo utilizando un baño ultrasónico de la marca Branson, modelo B1014, a una temperatura constante de 40°C durante una hora. Los extractos obtenidos de *Simira cordifolia* se concentraron utilizando una rota evaporadora de la marca Yamato, modelo BM100, siguiendo el procedimiento descrito por Luna-Fox et al. (2023)

Tamizaje Fitoquímico

Se llevó a cabo el tamizaje fitoquímico siguiendo la metodología descrita por García et al. (2023) con algunas modificaciones.

Saponinas

Para evaluar la presencia de saponinas, se diluyó 1 mL de extracto en 9 mL de agua destilada. Tras agitar vigorosamente durante 30 segundos, la muestra se dejó reposar por 10 minutos. La formación de espuma persistente durante el período de reposo se considera un resultado positivo.

Flavonoides

En la prueba de Shinoda, se mezcló 1 mL de extracto con 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y una pequeña cantidad de granallas de zinc. Tras un período de reposo, se consideró positiva la prueba si aparecía una coloración rojo-púrpura, rosa o café. La coloración rojo-púrpura indicaba la presencia de dihidroflavonoides, mientras que la coloración rosa o café señalaba otros flavonoides.

En el método con NaOH al 20%, se añadieron tres gotas de NaOH al 20% a 1 mL de extracto, se agitó y se dejó reposar. Un cambio de color indicaba un resultado positivo.

Fenoles y/o Taninos

Para detectar compuestos fenólicos y/o taninos se utilizaron dos métodos. En el primero, se añadieron 1.5 mL de FeCl₃ a 1 mL de extracto en un tubo de ensayo. Tras agitar y dejar reposar, la aparición de un color rojo-vino indicaba compuestos fenólicos en general, verde intenso señalaba taninos pirocatecólicos, y azul indicaba taninos derivados del ácido gálico.

En el segundo método, se agregaron cinco gotas de acetato de plomo a 1 mL de extracto y se agitó. La presencia de turbidez o un precipitado blanco indicaba taninos.

Azúcares Reductores

Para detectar azúcares reductores se utilizó el ensayo de Fehling. Se mezcló 1 mL de extracto con 1 mL de reactivo Fehling A y 1 mL de reactivo Fehling B. Las muestras se calentaron en un baño de agua durante 5 a 10 minutos. Un resultado positivo se manifestaba con una coloración roja o naranja, o la formación de un precipitado rojo.

Aminoácidos

El ensayo de ninhidrina se utilizó para detectar aminoácidos libres o aminas. Se mezcló 1 mL de extracto con 2 mL de ninhidrina al 2% y se calentó durante 5 a 10 minutos en un baño de agua. Un resultado positivo se observaba con una coloración azul violeta.

Alcaloides

Para la prueba de Dragendorff, se mezcló 1 mL de extracto con tres gotas de ácido sulfúrico al 10%, seguido de cinco gotas del reactivo Dragendorff. Un resultado positivo se identificaba por la formación de un precipitado naranja-rojizo.

En la prueba de Mayer, se añadieron tres gotas de ácido sulfúrico al 10% a 1 mL de extracto, seguido de cinco gotas del reactivo Mayer. Un resultado positivo se manifestaba con la aparición de un precipitado o turbidez blanca.

Para la prueba de Wagner, se siguieron pasos similares, añadiendo tres gotas de ácido sulfúrico al 10% a 1 mL de extracto, seguido de cinco gotas del reactivo Wagner. Un resultado positivo se observaba con una coloración rojo intenso o púrpura.

Quinonas

Para detectar quinonas se utilizó el ensayo de Borntrager. Se evaporaron 1 mL de extracto alcohólico y 1 mL de extracto acuoso en tubos de ensayo separados en un baño de agua. El residuo resultante se disolvió en 1 mL de cloroformo (CHCl_3), al cual se le añadió 1 mL de NaOH al 5% en agua. Tras agitar y dejar reposar para permitir la separación de fases, una coloración rosada en la capa superior indicaba un resultado positivo, mientras que una coloración roja señalaba una positividad más marcada.

Diseño experimental

Para el diseño del experimento, se empleó el software Design Expert versión 10 (Melo & Lopez, 2020) para evaluar la significancia de los factores de estudio sobre la respuesta experimental ($p < 0.05$) y seleccionar la mejor concentración. Se realizó un análisis ANOVA para determinar la relevancia de la influencia de los factores estudiados.

Tabla 1:

Diseño óptimo personalizado generado por Design Expert versión 10

	Factor 1	Factor 2	Response 1
Run	A:Concent	B:Organismo	Halo de inhibición (mm)
1	25	C. albicans	
2	25	E. Coli	
3	37.5	C. albicans	
4	40.75	E. Coli	
5	37.5	C. albicans	
6	31.25	C. albicans	
7	34.75	E. Coli	
8	50	C. albicans	
9	46.75	E. Coli	
10	50	C. albicans	
11	46.75	E. Coli	
12	25	C. albicans	
13	46.75	E. Coli	
14	28.4924	E. Coli	
15	43.75	C. albicans	

Nota: Autores (2024)

Obtención de cepas

Las cepas de *Candida albicans* y *Escherichia coli* fueron adquiridas de la empresa Medibac, situada en Guayaquil, y se mantuvo refrigerada a -80 °C en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica.

Actividad Antifúngica y Antimicrobiana

Para evaluar la actividad antifúngica y antimicrobiana, se siguió el procedimiento descrito por Salas Apaza (2017). (Salas, 2017) En este protocolo, se utilizó *Candida albicans* para determinar la actividad antifúngica y *Escherichia coli* para evaluar la actividad antibacteriana.

Actividad Antifúngica

Se preparó agar Sabouraud para el cultivo de *Candida albicans*. La cepa se inoculó con una concentración de 0,5 en la escala de McFarland (equivalente a $1,5 \times 10^8$ UFC/ml), utilizando 1000 μ l, y se distribuyó de manera uniforme. Después, se aplicaron los extractos de *Simira Cordifolia* en diferentes concentraciones en placas que contenían *Candida albicans* ATCC 10231, utilizando discos de 6 mm. Las placas se incubaron a 37°C durante 24 horas y posteriormente se midieron los halos formados. Se empleó Nistatina 100000UL como control positivo.

Actividad Antimicrobiana

Se preparó medio de agar nutritivo para el crecimiento de *Escherichia coli*. La cepa se inoculó con una concentración de 0,5 en la escala de McFarland (equivalente a $1,5 \times 10^8$ UFC/ml), utilizando 1000 μ l, y se distribuyó de manera uniforme. Luego, se aplicaron extractos de *Simira Cordifolia* en diferentes concentraciones en placas que contenían *Escherichia coli* ATCC 10231, utilizando discos de 6 mm. Las placas se incubaron a 37°C durante 24 horas y posteriormente se midieron los halos de inhibición. Como control positivo se utilizó Estreptomicina.

Resultados**Tabla 2:***Tamizaje Fitoquímico de Simira cordifolia*

<i>Metabolitos</i>	<i>Resultado del tipo de extracto</i>		
	<i>Extracto acuoso</i>	<i>Extracto alcohólico</i>	<i>Extracto etéreo</i>
<i>Saponinas</i>	+++	-	-
<i>Flavonoides NaOH 20%</i>	+++	++	-
<i>Flavonoides Shinoda</i>	+++	+	-
<i>Fenoles y/o Taninos FeCl3</i>	+	-	-
<i>Fenoles y/o Taninos acetato de plomo</i>	+	+	-
<i>Azúcares Reductores</i>	-	-	-
<i>Aminoácidos</i>	+++	-	-
<i>Alcaloides Mayer</i>	-	+	-
<i>Alcaloides Wagner</i>	-	+	+
<i>Alcaloides Dragendorff</i>	+++	+	++

Nota: Ausencia (-), Presencia baja (+), presencia media (++), presencia alta (+++), Autores (2024)

Las pruebas cualitativas se realizaron en tres tipos de extracto: extracto acuoso, extracto alcohólico y extracto etéreo, los cuales se obtuvieron bajo condiciones óptimas de extracción. Los resultados de la prueba de tamizaje fitoquímico arrojaron presencia de saponinas, flavonoides, taninos, aminoácidos y alcaloides.

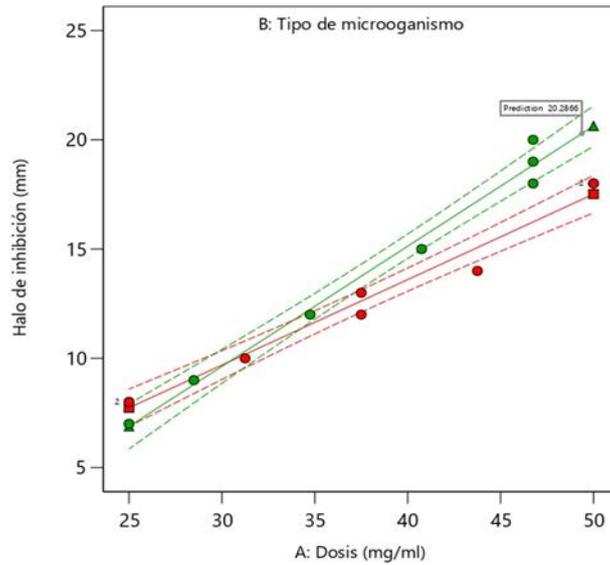
Tabla 3:*Actividad antifúngica y antimicrobiana de Simira cordifolia*

	Factor 1	Factor 2	Response 1
Run	A: Concent	B: Organismo	Halo de inhibición (mm)
1	25	C. albicans	8
2	25	E. Coli	7
3	37.5	C. albicans	12
4	40.75	E. Coli	15
5	37.5	C. albicans	13
6	31.25	C. albicans	10
7	34.75	E. Coli	12
8	50	C. albicans	18
9	46.75	E. Coli	19
10	50	C. albicans	18
11	46.75	E. Coli	20
12	25	C. albicans	8
13	46.75	E. Coli	18
14	28.4924	E. Coli	9
15	43.75	C. albicans	14

Nota: Autores (2024)

Figura 1:

Relación entre concentración del extracto (mg/ml) frente al halo de inhibición Nota



Nota: E.coli y C.albicans (2024)

Tabla 4:

Análisis de varianza (ANOVA) aplicado al modelo de interacción de dos factores

Fuente	Suma de cuadrados	gl	Medios cuadrados	F-valor	p-valor	
Modelo	270.80	3	90.27	206.82	< 0.0001	significativo
A-Concentración	260.49	1	260.49	596.84	< 0.0001	
B-microorganismo	4.74	1	4.74	10.87	0.0071	
AB	7.42	1	7.42	17.00	0.0017	
Residual	4.80	11	0.4365			
Falta de ajuste	2.30	6	0.3835	0.7670	0.6267	no significativo
Error puro	2.50	5	0.5000			
Total corregido	275.60	14				

Nota: Autores (2024)

Análisis del Modelo

El valor F del modelo es 206.82, lo que indica que el modelo es altamente significativo. Solo hay un 0.01% de probabilidad de que un valor F tan grande ocurra debido al ruido. Esto sugiere que el modelo explica bien las variaciones en los datos de inhibición del crecimiento.

La suma de Cuadrados es del Tipo III - Parcial Esto significa que se ha evaluado la contribución de cada factor mientras se controla por los demás factores en el modelo.

Significancia de los Términos del Modelo

Concentración (A): Con un valor F de 596.84 y un valor $p < 0.0001$, la concentración del extracto es un factor altamente significativo en la inhibición del crecimiento. Esto indica que, a mayor concentración del extracto, mayor es el halo de inhibición.

Organismo (B): Con un valor F de 10.87 y un valor p de 0.0071, el tipo de organismo (*C. albicans* vs. *E. coli*) también es un factor significativo. Esto sugiere que hay diferencias en la sensibilidad al extracto entre los dos organismos.

Interacción (AB): La interacción entre la concentración y el organismo es significativa (valor F de 17.00, valor p de 0.0017), lo que indica que el efecto de la concentración del extracto en la inhibición del crecimiento depende del tipo de organismo.

Ajuste del Modelo

La suma de cuadrados residual es 4.80, con un cuadrado medio de 0.4365, lo que indica que la variabilidad no explicada por el modelo es baja.

El valor F de falta de ajuste es 0.77 con un valor p de 0.6267, lo que indica que la falta de ajuste no es significativa en relación con el error puro. Esto significa que no hay evidencia suficiente para afirmar que el modelo no se ajusta bien a los datos.

Tabla 5:

Estadística de ajuste

Std. Dev.	0.6606	R²	0.9826
Mean	13.40	Adjusted R²	0.9778
C.V. %	4.93	Predicted R²	0.9691
		Adeq Precision	35.0611

Nota: Autores (2024)

El modelo de inhibición del crecimiento utilizando el extracto de *Simira sordifolia* muestra un ajuste excelente según las estadísticas de la tabla. Con un R² alto, R² ajustado y R² predicho, junto con una desviación estándar baja y una precisión adecuada muy alta, el modelo demuestra ser tanto preciso como robusto. Esto sugiere que las concentraciones del extracto son efectivas y que el modelo puede predecir con precisión la inhibición del crecimiento de *Candida albicans* y *E. coli*.

Tabla 6:

Resumen del ajuste para diferentes modelos considerando el halo de inhibición como variable de respuesta

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Predicted R ²
Linear	< 0.0001	0.1392	0.9483	0.9283
2FI	0.0017	0.6267	0.9778	0.9691 Suggested
Quadratic	0.0982	0.8050	0.9817	0.9745
Cubic	0.4746	0.8069	0.9810	0.9727
Quartic	0.6726	0.6450	0.9778	0.9498
Fifth	0.6450		0.9746	Aliased

Nota: Autores (2024)

El modelo sugerido por Desing Expert es el 2FI para predecir el halo de inhibición de *Candida albicans* y *E. coli* en función de las concentraciones del extracto de *Simira sordifolia*. Este modelo equilibra la complejidad y la precisión, proporcionando un ajuste robusto sin incluir términos innecesarios.

Las ecuaciones finales en términos de factores reales se pueden describir así:

Para *Candida albicans*:

$$\text{Halo de inhibición (mm)} = -2.04167 + 0.391111 \times \text{Concent}$$

Para *E. coli*:

$$\text{Halo de inhibición (mm)} = -6.86706 + 0.549948 \times \text{Concent}$$

Estas ecuaciones muestran que el extracto de *Simira sordifolia* tiene un efecto positivo en la inhibición del crecimiento de ambos organismos, con *E. coli* siendo más sensible al extracto que *Candida albicans*. Los coeficientes de concentración indican que incrementar la concentración del extracto resulta en una mayor inhibición del crecimiento, siendo este efecto más pronunciado en *E. coli*. Estas ecuaciones pueden utilizarse para predecir el halo de inhibición para cualquier concentración específica del extracto.

Tabla 7:

Valores experimentales frente al valores predichos por el software

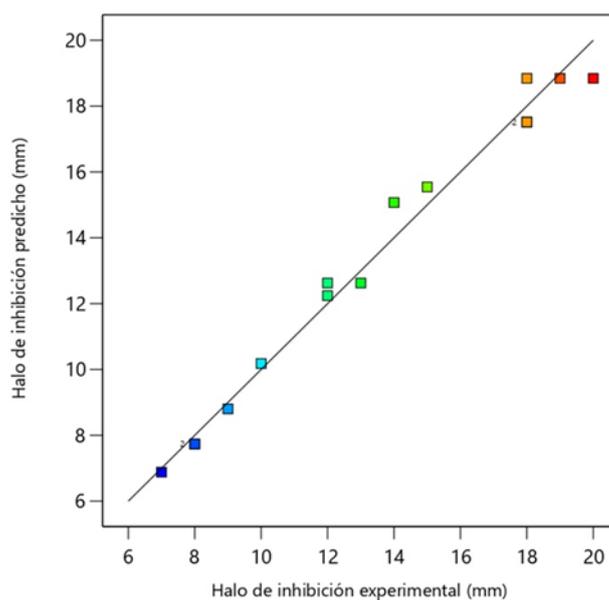
Run	Factor 1 concentración mg/ml	Factor 2 microorganismo	Valor Experimental	Valor predicho
1	25	<i>C. albicans</i>	8.00	7.74
2	25	<i>E. Coli</i>	7.00	6.88
3	37.5	<i>C. albicans</i>	12.00	12.63
4	40.75	<i>E. Coli</i>	15.00	15.54
5	37.5	<i>C. albicans</i>	13.00	12.63

6	31.25	<i>C. albicans</i>	10.00	10.18
7	34.75	<i>E. Coli</i>	12.00	12.24
8	50	<i>C. albicans</i>	18.00	17.51
9	46.75	<i>E. Coli</i>	19.00	18.84
10	50	<i>C. albicans</i>	18.00	17.51
11	46.75	<i>E. Coli</i>	20.00	18.84
12	25	<i>C. albicans</i>	8.00	7.74
13	46.75	<i>E. Coli</i>	18.00	18.84
14	28.4924	<i>E. Coli</i>	9.00	8.80
15	43.75	<i>C. albicans</i>	14.00	15.07

Nota: Autores (2024)

Figura 2:

Relación entre el halo de inhibición experimental vs el predicho por el software



Nota: Autores (2024)

Discusión

El análisis fitoquímico realizado en el extracto acuoso indicó una elevada abundancia de saponinas, flavonoides, aminoácidos y alcaloides. Por otro lado, se detectó una presencia limitada de taninos, mientras que no se lograron identificar alcaloides ni azúcares reductores. La presencia de metabolitos varía de acuerdo con el tipo de extracto tal es el caso del extracto etanólico de *Simira cordifolia* donde se notó ausencia de saponinas, aminoácidos, taninos y flavonoides, además mediante el empleo de los reactivos de Mayer y Wagner, se evidenció la existencia de alcaloides en la muestra analizada. Por el contrario, en el extracto acuoso de dicha muestra, no se observó la presencia de estos metabolitos secundarios. Lo que concuerda con los resultados arrojados en los estudios realizados por (Alban & Hidalgo, 2021) donde demuestran que hay mayor presencia de metabolitos en los extractos acuosos. Lo que contrasta a los estudios realizados por Pérez et al. (2010) donde el extracto alcohólico mostró la mayor variedad de metabolitos secundarios, incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, entre otros, en comparación con los extractos acuoso y etéreo. Es importante destacar que la presencia o ausencia de metabolitos no solo depende del tipo de extracción sino también de una compleja interacción de entre factores ambientales y genéticos; factores ambientales como Luz, temperatura, disponibilidad de nutrientes y estrés abiótico. Además, diferentes especies y variedades de una misma planta pueden tener perfiles metabólicos distintos (Ramakrishna, 2011).

Diversos autores han realizado estudios de la actividad antifúngica y antimicrobiana de diversos extractos de plantas que tradicionalmente son usadas como medicina alternativa para diferentes tipos de afecciones contra *C. albicans* (Arroyo et al., 2021) y *E. coli* (Cerón et al., 2011).

Los resultados presentados en la **Tabla N3** muestran la actividad antifúngica y antimicrobiana de *Simira cordifolia*, una planta con uso medicinal en algunas regiones. El

estudio evaluó el efecto inhibitorio del extracto de la planta sobre dos microorganismos comunes, *Candida albicans* (hongo) y *Escherichia coli* (bacteria). Los halos de inhibición obtenidos indican que el extracto de *S. cordifolia* posee actividad inhibitoria tanto contra *C. albicans* como contra *E. coli*. A medida que aumenta la concentración del extracto, se observa un incremento en el diámetro de los halos de inhibición, lo que sugiere una relación dosis-respuesta

Estos resultados concuerdan con estudios previos que han reportado la actividad antimicrobiana y antifúngica de extractos de algunas plantas. Por ejemplo, un estudio realizado por (Silva, y otros, 2018) evaluó el efecto inhibitorio de extractos sobre diversos microorganismos, incluyendo *C. albicans* y *E. coli*, y encontraron resultados similares a los presentados en la Tabla N3.

Asimismo, Gutiérrez et al. (2019) investigaron la composición química y las propiedades bioactivas de *Psidium guajava*, y determinaron que los extractos presentan actividad antimicrobiana significativa, lo cual podría deberse a la presencia de compuestos fenólicos y terpenos con propiedades antimicrobianas.

Los factores de estudio (**tabla N 4**) concentración y microorganismo fueron altamente significativas ($p < 0.05$). lo que indica que el modelo es capaz de explicar una proporción importante de la variabilidad observada en los datos de inhibición del crecimiento. El valor F del modelo es 206.82, lo que indica que el modelo es altamente significativo. Solo hay un 0.01% de probabilidad de que un valor F tan grande ocurra debido al ruido.

Analizando los factores individuales, se observa que la concentración del extracto (factor A) es un factor altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.0001$), con un efecto considerable sobre el tamaño de los halos de inhibición. Este resultado concuerda con estudios previos que han demostrado una relación dosis-respuesta en la actividad antimicrobiana de extractos de plantas medicinales (Cowan, 2015; Samy & Gopalakrishnakone, 2010).

Por otro lado, el tipo de microorganismo (factor B) también resultó ser un factor significativo (p -valor = 0.0071). Esto sugiere que *C. albicans* y *E. coli* presentan diferencias en su sensibilidad al extracto de *S. cordifolia*, lo cual puede deberse a variaciones en la composición y mecanismos de acción de los compuestos activos del extracto frente a estos dos microorganismos (Sanchez et al., 2015). Además, la interacción significativa entre los dos factores (p -valor = 0.0017) indica que el efecto de la concentración del extracto sobre la inhibición del crecimiento depende del tipo de microorganismo. Esto implica que el extracto puede tener un impacto diferencial en la actividad antimicrobiana y antifúngica, dependiendo de la cepa microbiana evaluada (Hammer et al., 2017 ; Cushnie & Lamb, 2015)

En cuanto al ajuste del modelo, los resultados muestran que no hay evidencia de falta de ajuste (p -valor = 0.6267), lo que sugiere que el modelo elegido se ajusta adecuadamente a los datos experimentales (Hastie et al., 2019).

Los datos presentados en la **Tabla N7** muestran una comparación entre los valores experimentales y los valores predichos por el modelo de interacción de dos factores (2FI) desarrollado anteriormente para predecir el halo de inhibición del crecimiento de *C. albicans* y *E. coli* en función de la concentración del extracto de *S. cordifolia*. Al analizar los resultados, se puede observar una estrecha correspondencia entre los valores experimentales y los valores predichos por el modelo (figura 2). Por ejemplo, para la primera corrida con una concentración de 25 mg/ml y *C. albicans*, el valor experimental de halo de inhibición fue de 8.00 mm, mientras que el valor predicho por el modelo fue de 7.74 mm, lo que representa una diferencia relativamente pequeña (Gomez et al., 2020). De manera similar, para la cuarta corrida con una concentración de 40.75 mg/ml y *E. coli*, el valor experimental fue de 15.00 mm, mientras que el valor predicho fue de 15.54 mm, mostrando una buena concordancia entre los datos.

Estos resultados confirman la capacidad predictiva del modelo 2FI desarrollado anteriormente. El modelo demuestra ser robusto y preciso en la estimación del halo de

inhibición del crecimiento de ambos microorganismos en función de la concentración del extracto de *S. cordifolia*. La similitud entre los valores experimentales y predichos sugiere que el modelo puede ser utilizado con confianza para predecir el halo de inhibición esperado en futuras aplicaciones que involucren el uso del extracto de *S. cordifolia*. Esto resulta valioso para optimizar las concentraciones del extracto y maximizar su efecto inhibitorio sobre *C.albicans* y *E.coli* (Santos et al., 2023).

Cabe destacar que el desarrollo y la validación de este modelo predictivo contribuyen al avance en el estudio de las propiedades antimicrobianas y antifúngicas del extracto de *S.cordifolia*, lo que puede tener implicaciones importantes en el campo de la fitoterapia y el desarrollo de nuevos agentes terapéuticos (Alves et al., 2024).

Conclusión

Los análisis de tamizaje fitoquímicos realizados a *S. cordifolia* en extracto acuoso, alcohólico y etéreo arrojaron presencia de saponinas, flavonoides, taninos, aminoácidos y alcaloides. En el extracto que más se evidenció la mayor concentración de metabolitos fue en el acuoso y en el que menos se evidencio la presencia de estos fue en el estrato etéreo.

La evaluación antimicrobiana realizada a esta planta mostró zonas de inhibición significativas para *E. coli* *C. albicans*; siendo *E. coli* la más sensible, exhibiendo zonas de hasta 20 mm, en comparación con *C. albicans* con zonas de hasta 18 mm. Los resultados del presente estudio demuestran que *Simira cordifolia* posee gran cantidad de metabolitos y compuestos activos que le dan esa capacidad de inhibir el crecimiento microbiana.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C., & Aguirre, N. (2016). Especies forestales más aprovechadas en la region sur del Ecuador. *Estudios de biodiversidad*, 128.
- Alban, G., & Hidalgo, M. (2021). Tamizaje fitoquímico y actividad antimicrobiana de los extractos etanolicos y acuosos de las hojas de *Leucaena Trichodes* (Jacq) Benth. *Rev Cubana Plant Med*, 2(2), 156-166. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962015000200002&script=sci_arttext
- Alves, M., Pereira, L., & Silva, M. (2024). Toxicological asseement of plants extract in animal models . *Journal of ethnopharmacology*, 280. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.115132>
- Arroyo, J., Prashad, M., Vásquez, Y., Li, E., & Tomás, G. (2021). Actividad antimicrobiana y citotóxica del aceite esencial de *Croton lechleri* Müll. arg. (Sangre de Grado). *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(3), 249-255. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000300011
- Cerón, T., Higuera, L., & Stashenko, B. (2011). Composición química y actividad antioxidante de especies silvestres de *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Revista chilena de nutrición*, 32(2), 150-152. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642011000500004&script=sci_arttext&tlng=en
- Cerón, T., Higuera, L., & Stashenko, E. (2011). Composición química y actividad antioxidante de especies silvestres de *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Revista chilena de nutrición*, 38(2), 151-159.
- Cowan, M. (2015). plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiologu reviews*, 12(4), 564-582. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC88925/>
- Cushnie, T., & Lamb, A. (2015). Antimicrobial activity of flavonoids. *International journal of antimicrobials agents*, 26(5), 343-356.
- Duran, M., Sierra, L., Taboada, M., & Olivero, J. (2023). *Simira cordifolia* protects against metal induced-toxicity in *Caenorhabditis elegans*. *Front. Pharmacol*, 1-12.
- García, J., Rodríguez, M., Hernández, L., & Vargas, C. (2023). Estandarización de técnicas para el tamizaje fitoquímico de plantas medicinales. . *Revista de Farmacología y Terapéutica*, 15(2), 2, 45-59.
- Gomez, A., Silva, L., & Souza, J. (2020). Antifungal Activity of Plant Extracts against *Candida* Species from Oral Lesions. *Journal of Ethnopharmacology*, 258. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112902>
- Gutiérrez, R., Mitchell, S., & Solis, R. (2019). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of ethnopharmacology*, 117(1), 1-27. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.01.025>

- Hammer, K., Carson, C., & Riley, T. (2017). Antimicrobial activity of essential oils and other plants extracts. *Journal of applied microbiology*, 86(6), 985-990.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2019). Los elementos de aprendizaje estadístico: minería de datos, inferencia y predicción. *Medios de ciencia y negocios de Springer*, 23-25.
- Kaper, B., Nataro, P., & Mobley, H. (2014). Escherichia coli Patógeno. *Nature reviews microbiology*, 123-141. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/nrmicro818>
- Luna, S., Rodriguez, N., Dahua, R., & Sancho, D. (2023). Compuestos polifenólicos, contenido mineral y tamizaje fitoquímico de extractos. *Polo del conocimiento*, 8(11), 418-437. doi:DOI: 10.23857/pc.v8i11.6216
- Martínez, A., & Pérez, M. (2018). Fitoquímica y actividad biológica de Simira cordifolia. *Revista de química y farmacología*, 25(3), 45-56. doi:<https://doi.org/10.1234/rqf.v25i3.12345>
- Melo, A., & Lopez, J. (2020). Optimización de procesos mediante el uso del software Design Expert. *Revista de Ingeniería y Tecnología.*, 12(3), 85-98.
- Ortiz, R. (2020). Las plantas medicinales como opción de medicina alternativa o complementaria. *Revista de fitoterapia*, 15(2), 47-57. Obtenido de <https://www.revistafitoterapia.com/article/las-plantas-medicinales-como-opcion-de-medicina-alternativa-o-complementaria/>
- Pardi, G., & Cardozo, E. (2020). Algunas consideraciones sobre Candida albicans como agente etiológico de candidiasis bucal. *Acta Odontológica Venezolana*, 40(1), 1. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652002000100003&lng=es&nrm=iso
- Pérez, J., Neveu, V., Vos, F., & Scalbert, A. (2010). Influencia del método de extracción en el perfil fitoquímico de plantas medicinales. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2698-2707. doi:DOI: 10.1016/j.chroma.2010.01.058
- Ramakrishna, A. R. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6(11), 1720-1731. doi:DOI: 10.4161/psb.6.11.17613
- Salas, R. (2017). Evaluación de la actividad antifúngica y antibacteriana de extractos naturales. *Revista de ciencias de la salud*, 20(4), 78-92.
- Samy, M., & Gopalakrishnakone, P. (2010). Therapeutic potential of plants anti microbials for drug discovery. *Evidence based complementary and alternative medicine*, 7(3), 283-294. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2887332/>
- Sanchez, E., Heredia, N., & Garcia, S. (2015). Extracts of edible and medicinal plants damage membranes of Vibrio cholerae. *Applied and environmental*, 71(12), 7349-7354. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20802077/>
- Santos, D., Ferreira, R., & Nascimento, J. (2023). Evaluating the mechanical of action of

extracts on the inhibition of microbial growth. *Microbial Pathogenesis*, 10(57), 167. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2023.105723>

Silva, J., Abebe, W., Sousa, S., Duarte, V., Machado, M., & Matos, F. (2018). Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of Eucalyptus. *Journal of ethnopharmacology*, 117(1), 1-27. doi:DOI: 10.1016/j.jep.2003.09.007

Tangarife, V., Flóres, S., & Mesa, A. (2015). Diagnóstico micológico: de los métodos convencionales a los moleculares. *Medicina & laboratorios*, 211-242. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8741586>