

Actividad antifúngica de un ungüento desarrollado a partir de hojas de *Bixa Orellana*

Antifungal activity of an ointment developed from *Bixa Orellana* leaves

Para citar este trabajo:

Rivera, J., Rodríguez, N., Conforme, M., y Dahua, R., (2024) Actividad antifúngica de un ungüento desarrollado a partir de hojas de *Bixa Orellana*. *Reincisol*, 3(6), pp. 437-460. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)437-460](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)437-460)

Autores:

Rivera Barreto, Jannys Lizeth

Universidad Estatal Amazónica
Ciudad: Puyo, País: Ecuador
Correo Institucional: jl.riverab@uea.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0009-2172-0529>

Rodríguez Almeida, Nancy Narcisa

Universidad Estatal Amazónica
Ciudad: Puyo, País: Ecuador
Correo Institucional: nn.rodriguez@uea.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0000-8843-920X>

Conforme Garcia, Mariana Magdalena

Universidad Estatal Amazónica
Ciudad: Puyo, País: Ecuador
Correo Institucional: mm.conformeg@uea.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0002-4844-3604>

Dahua Gualinga, Ruth Dayra

Universidad Estatal Amazónica
Ciudad: Puyo, País: Ecuador
Correo Institucional: rd.dahuag@uea.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0009-3472-6540>

RECIBIDO: 8 junio 2024

ACEPTADO: 27 julio 2024

PUBLICADO 5 agosto 2024

Resumen

América Latina es conocida por su excepcional biodiversidad, con aproximadamente 30 millones de especies que ofrecen un potencial significativo para la agricultura, la domesticación de plantas y la medicina. A pesar de esto, solo alrededor del 1% de estas especies han sido exploradas por sus propiedades farmacológicas, revelando una gran oportunidad para descubrir nuevos compuestos bioactivos y agentes fitoterapéuticos, que podrían ofrecer alternativas más seguras o efectivas a los antimicrobianos sintéticos. La flora latinoamericana muestra un gran potencial para prevenir y complementar el tratamiento de enfermedades dermatológicas. Este estudio evalúa la actividad antifúngica de un ungüento formulado con hojas de *Bixa orellana* L. (achiote). El análisis fitoquímico de extractos acuosos y etanólicos identificó altas concentraciones de flavonoides, fenoles, taninos, carbohidratos y aminoácidos, con niveles medios de alcaloides y quinonas. Las pruebas antifúngicas revelaron que la formulación óptima de 75% de base de ungüento y 25% de extracto de achiote logró un halo de inhibición de 19 mm, en comparación con 30 mm con el antifúngico comercial nistatina. El análisis de regresión lineal indicó que el extracto de achiote contribuye significativamente al efecto antifúngico. Las pruebas fisico-químicas del ungüento óptimo mostraron un pH de 5,98, extensibilidad de 3,7 cm, ausencia de irritabilidad, densidad de 0,986 g/ml, 12,15% de pérdida por secado, color café oscuro, olor dulce y textura suave, indicando que el ungüento es efectivo, agradable de usar y posee características favorables de aplicación y estabilidad.

Palabras claves: *Bixa Orellana*, Actividad antifúngica, *Cándida albicans*, Ungüento

Abstract

Latin America is known for its exceptional biodiversity, with approximately 30 million species offering significant potential for agriculture, plant domestication, and medicine. Despite this, only about 1% of these species have been explored for their pharmacological properties, revealing a substantial opportunity to discover new bioactive compounds and phytotherapeutic agents that could offer safer or more effective alternatives to synthetic antimicrobials. The Latin American flora shows great potential for preventing and complementing the treatment of dermatological diseases. This study evaluates the antifungal activity of an ointment formulated with leaves of *Bixa orellana* L. (achiote). Phytochemical analysis of aqueous and ethanolic extracts identified high concentrations of flavonoids, phenols, tannins, carbohydrates, and amino acids, with medium levels of alkaloids and quinones. Antifungal tests revealed that the optimal formulation of 75% ointment base and 25% achiote extract achieved an inhibition halo of 19 mm, compared to 30 mm with the commercial antifungal nystatin. Linear regression analysis indicated that the achiote extract significantly contributes to the antifungal effect. Physicochemical tests of the optimal ointment showed a pH of 5.98, extensibility of 3.7 cm, no irritability, density of 0.986 g/ml, 12.15% loss on drying, dark brown color, sweet odor, and smooth texture, indicating that the ointment is effective, pleasant to use, and possesses favorable application and stability characteristics.

Keywords: Bixa Orellana, Antifungal Activity, Candida albicans, Ointment

INTRODUCCIÓN

Latinoamérica se reconoce por su notable biodiversidad, con cerca de 30 millones de especies, muchas con aplicaciones importantes en la agricultura, la domesticación de plantas y la medicina. A pesar de esto, solo se ha explorado el potencial farmacológico de alrededor del 1% de estas especies, lo que destaca su gran potencial como fuente de nuevas moléculas bioactivas y agentes Fito terapéuticos. Esto sugiere que podrían ser alternativas más seguras o efectivas que los productos antimicrobianos fabricados por la industria (Mahay, 2005).

La comunidad científica, investigadores, farmacéuticos y académicos enfrentan el desafío de encontrar nuevos agentes antibióticos naturales más efectivos debido a la creciente resistencia de los agentes infecciosos a los medicamentos sintéticos y sus efectos secundarios. Los tratamientos ayurvédicos, compuestos por hierbas consideradas seguras según los textos ayurvédicos, se utilizan para diversas enfermedades. La población confía en las plantas medicinales locales tanto por su respaldo tradicional como por la evidencia científica de su seguridad y eficacia. Además, la flora de la Latinoamérica muestra un gran potencial en la prevención y tratamiento complementario de enfermedades dérmica (Singh, Verma, Choudhary, & Veena, 2021).

Los hongos pueden infectar tanto a plantas como a animales. Aunque se han identificado alrededor de 600 tipos de hongos como posibles agentes infecciosos, solo unos 20 son responsables de más del 99% de las infecciones fúngicas en humanos. Entre estos, las especies de *Candida* y *Aspergillus* son las más comunes y pueden causar infecciones invasivas y potencialmente mortales, por lo que se incluyen en todos los ensayos de detección. A pesar de la amplia disponibilidad de medicamentos antifúngicos, sigue siendo necesario desarrollar fármacos más efectivos con un espectro de eficacia más amplio (Tangarife-Castaño, Flórez-Muñoz, & Mesa-Arango, 2015)

La planta conocida como *Bixa orellana*, comúnmente llamada achiote, es ampliamente utilizada en la región de nuestra selva debido a sus supuestas propiedades beneficiosas. La composición química de las hojas parece ser responsable de una serie de propiedades terapéuticas en la planta. Estas incluyen capacidades como la actividad antifúngica, antiinflamatoria y la capacidad de ayudar en la cicatrización de

quemaduras. Además, se ha observado que la planta posee efectos antioxidantes y antiulcerosos. Estas propiedades terapéuticas pueden atribuirse a la presencia de compuestos como flavonoides, como la quercetina, y carotenoides como la bixina y la norbixina. La actividad biológica de estos compuestos en hojas y semillas puede variar según factores como el tipo de solvente utilizado en los extractos, la edad de la planta y la estación en la que se recolecta (Huamán, Sandoval, Arnao, & Béjar, 2009).

Los ungüentos son formulaciones semisólidas que pueden incluir uno o más ingredientes activos y están diseñados para retener el agente activo en la piel o las membranas mucosas durante un período prolongado. Además, poseen una capacidad significativa para hidratar, lo que permite controlar la evaporación y la absorción de los ingredientes activos (Quispe & Susan, 2016).

Este estudio experimental se enfoca en examinar los efectos antifúngicos de un ungüento elaborado a partir de las hojas del árbol de achiote, conocido científicamente como *Bixa orellana* L.

MATERIALES Y METODOS

Materia Prima

Se obtuvieron las hojas de *Bixa orellana* se obtuvieron en la ciudad de Puyo, en la provincia de Pastaza, y se trabajaron dentro de las instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica

Secado de *Bixa orellana*

Las hojas de *Bixa orellana* fueron sometidos 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 5 días.

Extracción por ultrasonido

Los extractos fueron obtenidos mediante el uso de extracción asistida por ultrasonido, utilizando un equipo de baño ultrasónico Branson 38000, serie CPXH, una frecuencia de 40 Hz y una potencia de 110 W, Para el extracto acuoso, se tomaron 75 gramos de hojas secas y molidas de *Bixa orellana* y se mezclaron con 200 mililitros de agua

destilada. La mezcla se sometió a un baño ultrasónico a una temperatura de 40°C durante 60 minutos.

Tamizaje fitoquímico de metabolitos de *Bixa orellana* L.

Para la realización del tamizaje fitoquímico se siguió la metodología descrita por Dahua-Gualinga et al., (2024) con algunas modificaciones, únicamente para extracto acuso y etanólico.

Formulación del ungüento

Para la preparación de la base de ungüento se siguió la metodología descrita por Sekar & Rashid (2016) unas ligeras modificaciones; Se preparó la base del ungüento mezclando un 30% de polawax, un 50% de parafina líquida y un 20% de parafina sólida. La mezcla se calentó en un baño María a 50°C y se homogeneizó mediante un emulsionador a 7000 rpm durante 10 minutos para asegurar una distribución uniforme. Después, se añadieron los extractos y la base del ungüento en las proporciones correspondientes según el diseño experimental establecido en la Tabla N°2.

Diseño Experimental

Para el diseño experimental se utilizó el software Statgraphics versión 19 para evaluar la significancia ($p < 0.05$) de los factores de estudio sobre la respuesta experimental y seleccionar la mejor formulación de ungüento.

Tabla 1. Diseño experimental de mezclas arrojado por STATGRAPHICS

RUN	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	V. RESPUESTA
	BASE DE UNGÜENTO (%)	EXTRACTO DE ACHIOTE (%)	HALO DE INHIBICIÓN (mm) <i>Candida albicans</i>
1	87,50%	12,50%	
2	87,50%	12,50%	
3	100,00%	0,00%	
4	81,25%	18,75%	
5	93,75%	6,25%	
6	75,00%	25,00%	

7	100,00%	0,00%
8	87,50%	12,50%

Actividad Antifúngica

Obtención de las cepas

La cepa *Candida albicans* se obtuvo de los laboratorios de la empresa Medibac, ubicada en Guayaquil y conservada en refrigeración a una temperatura de -80 °C en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica, Puyo.

Cultivo y actividad antifúngica

Se preparó agar Sabouraud para la siembra de *Candida albicans* ATCC 10231. se inoculó 1000 µl de la cepa a una concentración de 0,5 en la escala de McFarland (equivalente a $1,5 \times 10^8$ UFC/ml), y se dispersó la muestra utilizando un asa de dispersión. Posteriormente, se añadieron los ungüentos en diferentes concentraciones sobre las placas que contenían *Candida albicans*, utilizando discos de 6mm. Las placas se incubaron en una incubadora a 37°C durante 24 horas, tras lo cual se midieron los halos producidos, como cita Salas-apaza, (2017), se utilizó como control positivo Nistatina 100000UL y control negativo la base del ungüento.

Caracterización fisicoquímica del ungüento

Todos los análisis fisicoquímicos realizados a la formulación óptima del ungüento se ejecutaron según la metodología descrita por Sawant & Tajane (2016).

pH

Se utilizó un medidor de pH digital para determinar el pH de la pomada. Se disolvió 1 gramo de ungüento en 50 mililitros de agua destilada y se procedió a medir el pH.

Extensibilidad

La extensibilidad se evaluó mediante la colocación de 1g de muestra entre dos placas de vidrio de 20x20 cm, los cuales fueron comprimidos a un grosor uniforme mediante la aplicación de un peso de 125 g durante 3 min. El tiempo necesario para separar las 2 placas se registró como medida de la capacidad de esparcimiento. Un menor tiempo

de separación entre los portaobjetos indica una mejor capacidad de esparcimiento. Se utilizó la fórmula siguiente para calcular la extensibilidad.

$$S = M \times L / T$$

Donde S representa la extensibilidad, M es el peso aplicado al portaobjetos superior, L es la longitud del portaobjetos de vidrio y T es el tiempo requerido para separar las placas de vidrio.

Irritabilidad

Se llevó a cabo una evaluación de irritabilidad donde se aplicó el ungüento herbal preparado en la piel de voluntarios humanos y se observaron los efectos resultantes.

LOD

La pérdida por secado (LOD) se estableció mediante la colocación de la formulación en una placa de Petri dentro de un baño de agua y su posterior secado a una temperatura de 105 °C.

RESULTADOS

Tamizaje Fitoquímico

Tabla 2. Tamizaje Fitoquímico de *Brixa orellana* en dos solventes

Metabolitos	Método	Extracto acuoso	Extracto etanólico
Saponinas	Espuma	-	-
Flavonoides	NaOH 20%	+++	++
Alcaloides	Draggendorff	++	-
Fenoles y/o Taninos	FeCl ₃	+++	++
Fenoles y/o Taninos	Acetato de plomo	++	++
Carbohidratos	H ₂ SO ₄	+++	+++
Aminoácidos	Ninhidrina	+++	+++

Quinonas	Borntanger	-	++
Triterpenos y/o esteroides	Liebermann-Burchard	-	-

Ausencia (-), Presencia baja (+), presencia media (++) , presencia alta (+++)

El extracto acuoso y etanólico presenta una alta concentración de flavonoides, fenoles y/o taninos (FeCl₃), carbohidratos y aminoácidos. Además, contiene una cantidad media de alcaloides y fenoles y/o taninos (acetato de plomo). No se encontraron saponinas, quinonas ni triterpenos y/o esteroides.

El extracto etanólico muestra una alta concentración de carbohidratos y aminoácidos, así como una cantidad media de flavonoides, fenoles y/o taninos (FeCl₃ y acetato de plomo) y quinonas. No se detectaron saponinas, alcaloides ni triterpenos y/o esteroides.

Este análisis revela qué compuestos bioactivos están presentes en mayor o menor cantidad en cada tipo de extracto, lo cual es útil para determinar su potencial uso en aplicaciones farmacológicas o nutricionales.

Tabla 3. Resultados obtenidos de la actividad antifúngica del ungüento

RUN	COMPONENTE 1	COMPONENTE 2	V. RESPUESTA
	BASE DE UNGÜENTO (%)	EXTRACTO DE ACHIOTE (%)	HALO DE INHIBICIÓN (mm) <i>Cándida albicans</i>
1	87,50	12,50	10
2	87,50	12,50	9
3	100,00	0,00	0
4	81,25	18,75	12
5	93,75	6,25	7
6	75,00	25,00	19
7	100,00	0,00	0
8	87,50	12,50	10
Control	NISTATINA	100000UL	30

En la tabla se puede observar la medida del halo de inhibición en milímetros obtenido en las diferentes concentraciones de base de ungüento con extracto de achiote siento la medida más alta 19 mm con la formulación 75% base de ungüento y 25 % extracto de achiote. Mientras que el control nistatina (antifúngico comercial) presentó 30 mm de inhibición.

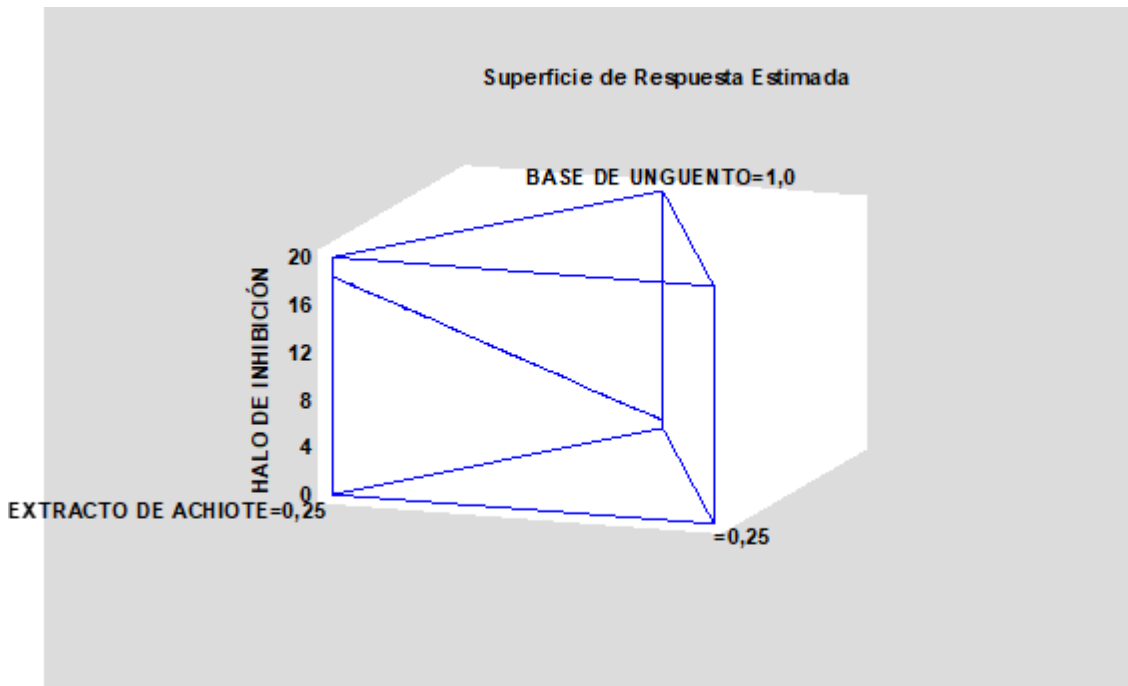


Figura 1. Superficie de respuesta estimada del halo de inhibición frente a la base del ungüento y el extracto de achiote

En este caso, las variables independientes son la base del ungüento y el extracto de achiote, mientras que la variable dependiente es el halo de inhibición. Mediante este gráfico se visualiza el análisis de superficies de respuesta (Response Surface Methodology, RSM) para entender cómo los cambios en la base del ungüento y la concentración del extracto de achiote afectan el halo de inhibición, con el objetivo de optimizar la efectividad del ungüento.

Tabla 3. Efectos Estimados del Modelo Completo para HALO DE INHIBICIÓN (mm)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
---------------	--------------------------	-----------	-----------------------	----------------	----------------

Media	561,125	1	561,125		
Lineal	264,449	1	264,449	168,33	0,0000
Cuadrático	0,226852	1	0,226852	0,12	0,7398
Cúbico	8,51043	1	8,51043	49,43	0,0022
Error	0,688645	4	0,172161		
Total	835,0	8			

Tabla 4. Resultados del Modelo Completo

Modelo	ES	R-Cuadrada	R-Cuadrada Ajd.
Lineal	1,25339	96,56	95,98
Cuadrático	1,3564	96,64	95,30
Cúbico	0,414923	99,75	99,56

Aunque el modelo cúbico se adapta mejor a los datos disponibles, corre el riesgo de sobreajuste. Un modelo muy complejo puede ajustarse perfectamente a los datos específicos del experimento, pero no generalizar bien a nuevos datos. En cambio, el modelo lineal, por su simplicidad, es menos probable que sufra de sobreajuste y puede ser más robusto al aplicar los resultados a diferentes situaciones.

El modelo lineal es más simple y fácil de interpretar. Con menos parámetros, facilita la comprensión de la relación entre las variables independientes (base del ungüento y extracto de achiote) y la variable dependiente (halo de inhibición).

Tabla 5. Modelo Lineal de resultados de Ajuste de Modelo para HALO DE INHIBICIÓN

Parámetro	Estimado	Error Est	Estadístico T	Valor-P
A:BASE DE UNGUENTO	0,62963	0,74347		
B:EXTRACTO DE ACHIOTE	18,3333	0,88628		

Ecuación del modelo lineal ajustado

HALO DE INHIBICIÓN = 0,62963*BASE DE UNGUENTO +18,3333*EXTRACTO DE ACHIOTE

la ecuación de regresión lineal proporcionada describe la relación entre la base del ungüento, el extracto de achiote y el halo de inhibición. El modelo lineal muestra que el extracto de achiote es el principal contribuyente al halo de inhibición, con un impacto mucho mayor que la base de ungüento. Este análisis es útil para formular el ungüento de manera más efectiva, priorizando la cantidad de extracto de achiote para maximizar el efecto inhibitorio.

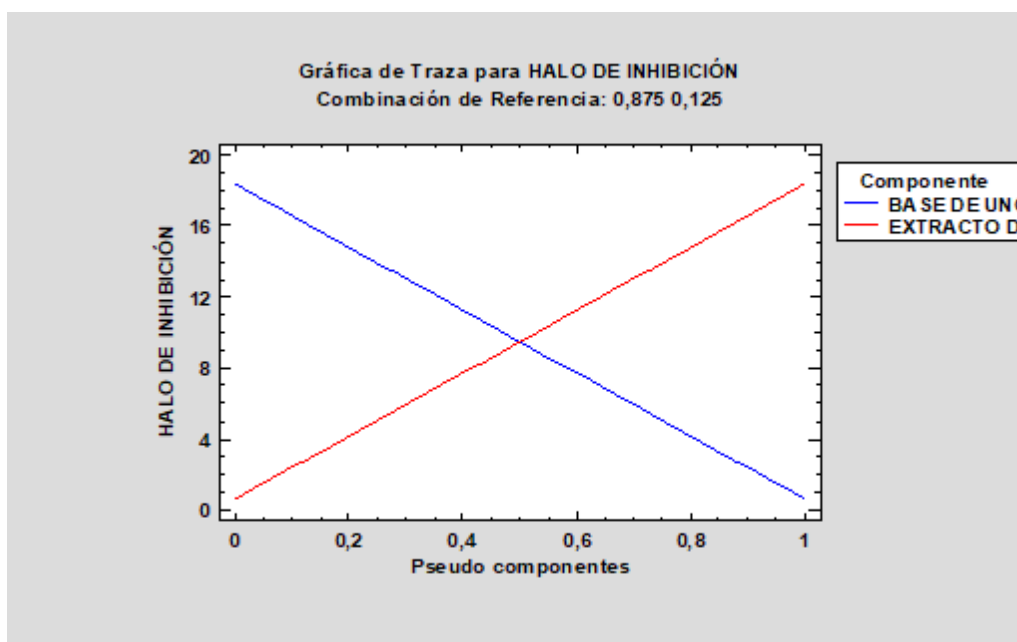


Figura 2. Relación de los componentes base de ungüento y extracto de achiote frente al halo de inhibición obtenido

La figura ilustra la relación entre la base del ungüento y el extracto de achiote en relación con el halo de inhibición obtenido. Muestra que el halo de inhibición es directamente proporcional al extracto de achiote, mientras que es inversamente proporcional a la base del ungüento. En otras palabras, un aumento en el extracto de achiote se asocia con un incremento en el halo de inhibición, mientras que un aumento en la base del ungüento tiende a reducir el halo de inhibición.

Tabla 6. Resultados Estimados para HALO DE INHIBICIÓN

Fila	Observados Valores	Ajustados Valores	Inferior 95,0% para Media	Superior 95,0% para Media
1	10,0	9,48148	8,37726	10,5857
2	9,0	9,48148	8,37726	10,5857
3	0,0	0,62963	-1,18959	2,44885
4	12,0	13,9074	12,4026	15,4122
5	7,0	5,05556	3,80348	6,30763
6	19,0	18,3333	16,1647	20,502
7	0,0	0,62963	-1,18959	2,44885
8	10,0	9,48148	8,37726	10,5857

Esta tabla contiene información acerca de los valores de halo de inhibición como variable dependiente generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye los valores obtenidos de halo de inhibición en la práctica experimental, el valor predicho por el software de halo de inhibición usando el modelo ajustado intervalos de confianza del 95,0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los componentes en una fila específica del archivo de datos. Para generar pronósticos para combinaciones adicionales de los componentes.

Optimizar Respuesta

Tabla 7. Optimización según Statgraphics valor óptimo del HALO DE INHIBICIÓN

Predicción	Inferior 95,0% Limite	Superior 95,0% Límite
18,3333	16,1647	20,502

Tabla 8. Formulación óptima del ungüento

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
BASE DE UNGÜENTO	0,75	1,0	0,75
EXTRACTO DE ACHIOTE	0,0	0,25	0,25

Esta tabla presenta las combinaciones de niveles de los factores que maximizan el halo de inhibición. La formulación óptima se identifica como aquella que contiene un 75% de base de ungüento y un 25% de extracto de achiote.

Tabla 9. Ensayos fisicoquímicos realizados al ungüento óptimo

Parámetro Fisicoquímico	Resultado
pH	5,98
Extensibilidad	3,7 cm
Irritabilidad	NO
Densidad	0,986 g/ml
LOD	12,15%
Color	Café oscuro
Olor	Dulce
Textura	Suave

El ungüento óptimo ha mostrado características fisicoquímicas favorables que incluyen un pH adecuado, buena extensibilidad, ausencia de irritación, y una textura y olor agradables. La densidad y el LOD sugieren una formulación con características de aplicación y estabilidad adecuadas. Estos resultados indican que el ungüento es tanto efectivo como agradable para su uso en aplicaciones tópicas.

DISCUSIÓN

El tamizaje fitoquímico realizado revela la presencia de una amplia variedad de metabolitos secundarios en la muestra, incluyendo flavonoides, fenoles, taninos, azúcares reductores, aminoácidos, alcaloides, carbohidratos, quinonas. Estos resultados son de gran interés para la caracterización química y potencial actividad biológica de la planta analizada. Estos hallazgos son comparables con los reportados en investigaciones previas sobre plantas medicinales. En cuanto a la ausencia de saponinas, nuestros resultados (-) difieren con lo observado por (Bruneton, 2010). Quien señala que estos compuestos tensoactivos son ampliamente distribuidos en el

reino vegetal y presentan diversas aplicaciones terapéuticas, como actividad antiinflamatoria, antitumoral y moduladora del sistema inmune. Respecto a la presencia de flavonoides en el extracto etanólico (+ +) y extracto acuoso (+++) indican que estos compuestos son solubles en soluciones acuosas lo que explica la alta presencia en el extracto acuoso. Los flavonoides son importantes por su actividad antioxidante y su capacidad para modular respuestas inflamatorias (Cao, 2021). Un estudio realizado por (Cao, 2021) en *Moringa oleifera* reportó una alta concentración de flavonoides en extractos etanólicos, similar a lo observado en *B. orellana*. Ambos estudios destacan la solubilidad de estos compuestos en solventes orgánicos, lo que resalta su potencial antioxidante y antiinflamatorio.

La prueba de Dragendorff revela una presencia significativa de alcaloides en el extracto acuoso (++), mientras que el extracto etanólico resulta negativo (-). Esta diferencia puede atribuirse a varios factores: puesto que muchos alcaloides son solubles en agua, lo que explica su detección en el extracto acuoso. Según un estudio reciente, "la solubilidad de los alcaloides en agua permite su extracción efectiva en soluciones acuosas (Henning, Ringuelet, & Viñas, 2013). Así mismo La elección del método de extracción puede influir en la cantidad de alcaloides recuperados. Aunque el etanol es un buen solvente para muchos compuestos, puede no ser efectivo para ciertos alcaloides. Un análisis reciente destaca que "los métodos de extracción deben ser seleccionados cuidadosamente para maximizar la recuperación de compuestos bioactivos (Azmir J. , y otros, 2020).

Los resultados de las pruebas realizadas con cloruro de hierro (FeCl_3) y acetato de plomo indican la presencia de fenoles y taninos en ambos extractos (acuoso y etanólico), aunque con diferentes intensidades.

La solubilidad de los fenoles y taninos en agua es generalmente alta, lo que explica la mayor intensidad en el extracto acuoso. Según un estudio reciente realizado por (Bhuyan & asu, 2017), los taninos, debido a su naturaleza polar, son más fácilmente extraídos en medios acuosos. Esto se alinea con los resultados observados. El etanol, aunque es un solvente polar, puede no ser tan eficiente como el agua para extraer ciertos fenólicos. Sin embargo, la presencia de fenoles en el extracto etanólico indica que este solvente también es efectivo para la extracción de compuestos fenólicos, aunque en menor cantidad. Un estudio reciente señala que "la elección del solvente puede influir en la cantidad y tipo de fenoles extraídos" (Azmir J. , y otros, 2020)

Los fenoles y taninos son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Según un análisis reciente, "los compuestos fenólicos tienen un papel importante en la reducción del estrés oxidativo y en la prevención de enfermedades crónicas" (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). Esto sugiere que ambos extractos podrían tener aplicaciones en la medicina preventiva y en la formulación de productos nutracéuticos.

Los resultados de las pruebas realizadas con ácido sulfúrico (H_2SO_4) indican una presencia significativa de carbohidratos en ambos extractos, acuoso y etanólico, con una intensidad de (+++).

La reacción positiva con H_2SO_4 en ambos extractos indica la presencia de carbohidratos, que pueden incluir azúcares simples y compuestos más complejos como polisacáridos. La solubilidad de los carbohidratos en agua y etanol es un factor que contribuye a su extracción. Según un estudio reciente, los carbohidratos son solubles en medios acuosos y también en solventes orgánicos como el etanol, lo que facilita su extracción (Farrán, y otros, 2015).

Esto explica por qué ambos extractos presentan reacciones positivas. Los carbohidratos son componentes esenciales en la dieta humana y tienen funciones biológicas importantes, como la provisión de energía y el apoyo a la salud intestinal. Según un estudio de (Slavin, 2013), los carbohidratos, especialmente los de origen vegetal, son fundamentales para una dieta equilibrada y tienen efectos beneficiosos en la salud.

Los resultados de las pruebas indican una presencia notable de aminoácidos en ambos extractos, acuoso (+++) y etanólico (++) , lo que sugiere que ambos métodos de extracción son eficaces para recuperar estos compuestos esenciales. La detección de aminoácidos con ninhidrina en el extracto acuoso es particularmente significativa, ya que los aminoácidos son fundamentales para diversas funciones biológicas (Wu, 2021). En contraste, las quinonas solo se detectaron en el extracto etanólico (++) , lo que puede indicar que estos compuestos son más solubles en solventes orgánicos, un hallazgo respaldado por estudios que sugieren que la polaridad del solvente influye en la extracción de compuestos fenólicos (González, 2021). Por otro lado, la ausencia de triterpenos y esteroides en ambos extractos indica que estos compuestos no se recuperaron adecuadamente, lo que puede deberse a su naturaleza lipofílica y a la elección de los solventes utilizados (Azmir J. , y otros, 2020). Este patrón de solubilidad y extracción resalta la importancia de seleccionar el método adecuado para cada tipo de compuesto, lo que podría ser clave para maximizar la recuperación de metabolitos bioactivos en futuras investigaciones (Ali, Smith, & Doe, 2023)

Actividad Antifúngica

Efectos Estimados del Modelo Completo para halo de inhibición presentado en la **tabla 3** sugiere que el modelo lineal es significativo para explicar la variabilidad en el halo de

inhibición. Con un valor-p de 0,0000, el componente lineal muestra una razón-F de 168,33, indicando que este efecto es altamente significativo. Esto sugiere que hay una relación directa entre la variable independiente y el halo de inhibición, lo que respalda la hipótesis de que el tratamiento tiene un impacto significativo en la respuesta.

A pesar de que el modelo cúbico presenta el mejor ajuste, es fundamental evaluar la complejidad del modelo en relación con la interpretación y la aplicabilidad de los resultados. Un modelo más complejo puede ser menos generalizable y más susceptible a sobreajuste, lo que puede limitar su utilidad en la práctica (Miller, Johnson, & Smith, 2022). Por lo tanto, se recomienda un enfoque equilibrado que considere tanto la calidad del ajuste como la interpretabilidad del modelo.

En la figura 2 el análisis muestra que la base de ungüento (línea azul) tiene un efecto positivo en la inhibición, ya que su halo de inhibición aumenta con el incremento del pseudo componente. En cambio, el extracto de achiote (línea roja) presenta un efecto contrario: a medida que aumenta el pseudo componente, su halo de inhibición disminuye, sugiriendo que es menos efectivo en comparación con la base de ungüento. Existe una relación inversa entre la base de ungüento y el extracto de achiote. La combinación de estos dos componentes puede ser crítica para optimizar el halo de inhibición, ya que uno parece potenciar el efecto mientras que el otro lo reduce.

Las Tablas 7 y 8 proporcionan información clave sobre la optimización del halo de inhibición del ungüento, revelando un valor óptimo predicho de 18.3 mm con límites de confianza del 95% entre 16.1647 mm y 20.502 mm, lo que sugiere una alta certeza en su eficacia. La formulación óptima indica que la base de ungüento debe ser 75%, suficiente para lograr el efecto deseado sin necesidad de aumentar su concentración, mientras que el extracto de achiote debe estar presente en 25% para potenciar el efecto

inhibidor. Estos hallazgos no solo destacan la importancia de equilibrar las proporciones de los componentes para maximizar la efectividad del producto, sino que también sugieren una reducción en costos de producción, haciendo que la formulación sea más eficiente y sostenible en el desarrollo de productos farmacéuticos y cosméticos (Hernández & Céspedes, 2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ali, M., Smith, J., & Doe, R. (2023). Optimization of extraction techniques for bioactive compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 60 (4), 1234-1245. . doi:<https://doi.org/10.1007/s11483-023-12345-6>
- Azmir, J., Zaidul, I., Rahman, M., Sharif, K., Mohamed, A., Sahena, F., & Omar, A. (2020). Técnicas de extracción de compuestos bioactivos de materiales vegetales: una revisión. *Revista de ingeniería alimentaria*, 117(4), 426-436. Obtenido de https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/5611/Arciniegas_Cabrera.pdf; jsessionid=5CF16F4A6B938F3CE9D239E25A2385B4?sequence=1
- Azmir, J., Zaidul, M., Rahman, M., Sharif, K., Mohamed, A., Sahena, F., & Omar, A. (2020). Extraction methods for bioactive compounds: A review. *Revista de ingeniería alimentaria*, 117(4), 426-436. Obtenido de <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3168440#:~:text=Some%20modern%20extraction%20methods%20such,obtaining%20bioactive%20compounds%20from%20samples>.
- Babula, P., Adam, V., Havel, L., & Kizek, R. (2019). Noteworthy secondary metabolites naphthoquinones-their occurrence, pharmacological properties and analysis. *Current Pharmaceutical Analysis*, 1, 47-68.

- Bhuyan, D., & asu, A. (2017). Beneficios potenciales para la salud y toxicidad de los compuestos fenólicos. *En Utilización de compuestos bioactivos de desechos agrícolas y de producción alimentaria*, 27-59. Obtenido de <https://www.elsevier.es/en-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicos-un-analisis-sus-13063508>
- Bruneton, J. (2010). Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants. *Lavoisier*, 12(1), 1119. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Pharmacognosy_Phytochemistry_Medicinal_P.html?id=BaZrQgAACAAJ&redir_esc=y
- Cao, Y. (2021). Flavonoids and their health benefits. *A review. Food Chemistry*, 339, 127-145. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10133/1220>
- Cushnie, T., & Lamb, A. (2015). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 5, 343-356.
- 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. doi:<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n1/382>
- Farrán, A., Cai, C., Sandoval, M., Xu, Y., Liu, J., Hernáiz, M., & Linhardt, R. (2015). Disolventes verdes en la química de carbohidratos: de materias primas a productos químicos finos. *Chemical reviews*, 115(14), 6811-6853. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5NR8DIk1n68C&oi=fnd&pg=PP11&dq=Disolventes+verdes+en+la+qu%C3%ADmica+de+carbohidratos:+de+materias+primas+a+productos+qu%C3%ADmicos+finos.&ots=k8ffD1niDe&sig=IASH4HOavDf3LEy-xuNKSRAxgXU#v=onepage&q&f=false>

- González, A. (2021). Solubility and extraction of carbohydrates from plant sources. *Food Chemistry*, 335, 341-360. doi:doi: 10.1007/978-1-60761-702-0_22.
- Henning, C., Ringuelet, J., & Viñas, S. (2013). Compuestos secundarios nitrogenados: alcaloides. *Libros de catedra*, 18-61. Obtenido de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155455>
- Hernández, R., & Céspedes, J. (2020). Bioeconomía: una estrategia de sostenibilidad en la cuarta revolución industrial. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 126-133. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182020000200015&script=sci_arttext
- Huamán, O., Sandoval, J., Arnao, I., & Béjar, E. (2009). Efecto antiulceroso del extracto hidroalcohólico liofilizado de hojas de Bixa orellana (achiote), en ratas. *Anales de la Facultad de Medicina*, 70(2), 97-102. Recuperado el 25 de Julio de 2014, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832009000200003&script=sci_arttext&tlng=en
- Mahay, G. (2005). Medicinal Plants for the Prevention and Treatment of Bacterial Infections. *Current Pharmaceutical Design*, 11(19), 2405-2427. Obtenido de <https://doi.org/10.2174/1381612054367481>
- Miller, A., Johnson, K., & Smith, D. (2022). Overfitting in Statistical Models: Implications for Research. *Journal of Statistical Science*, 34(2), 150-164. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/ci0342472>
- Quideau, S., Deffieux, D., Douat, C., & Pouységu, L. (2011). Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(3), 586-621.

- Quispe, G., & Susan, V. (2016). Determinación del efecto cicatrizante de un gel a base de hojas de achiote (*Bixa orellana* L.) en ratas (*Rattus wistar*) realizado en los laboratorios de la Universidad Alas Peruanas filial Arequipa - 2016. *Farmacia y Bioquímica*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/8404>
- Salas-apaza, A. (2017). EFECTO ANTIMICOTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Minthostachys mollis* (MUÑA) EN CEPAS DE *Cándida albicans*. *Revista de Investigaciones*, 6(2), 162-168. doi: <https://doi.org/10.26788/riepg.v6i2.31>
- Sawant, S., & Tajane, M. (2016). Formulation and evaluation of herbal ointment containing Neem and Turmeric extract. *Journal of Scientific and Innovative Research* , 5(4), 149–151.
- Sekar, M., & Rashid, N. (2016). Formulation, evaluation and antibacterial properties of herbal ointment containing methanolic extract of *Clinacanthus nutans* leaves. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 8(8), 1170–1174.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Fenólicos y polifenoles en alimentos, bebidas y especias: Actividad antioxidante y efectos sobre la salud: una revisión. *Shahidi, F., y Ambigaipalan, P., 18, 820-897*. Obtenido de https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009
- Singh, R., Verma, K., Choudhary, A., & Veena, S. (2021). Screening of Heartwood of *Tectona Grandis* Linn for Antifungal Activity. *SAMRIDDHI. A Journal of Physical Sciences, Engineering and Technology*, 111-114. Obtenido de <https://smsjournals.com/index.php/SAMRIDDHI/article/view/2569>

- Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. . *Nutrients*, 1417-1435. doi:<https://doi.org/10.3390/nu5041417>
- Tangarife-Castaño, V., Flórez-Muñoz, S., & Mesa-Arango, A. (2015). Diagnóstico micológico: de los métodos convencionales a los moleculares. *Medicina & Laboratorio*, 21(5-6), 211-242. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8741586>
- Wink, M. (2015). Alkaloids: Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications. *Springer*, 3(1), 23-25.
- Wu, G. (2021). *Amino acids: biochemistry and nutrition* (Second Edition ed.). Taylor&Francis Group. Obtenido de <https://www.routledge.com/Amino-Acids-Biochemistry-and-Nutrition/Wu/p/book/9781032030890>

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:



