

# Evaluación del Potencial Antimicótico del Aceite Esencial de Zingiber Officinale frente a cepas de Candida albicans. Estudio in Vitro

## *Evaluation of the Antimicrobial Potential of Zingiber Officinale Essential Oil Against Candida albicans Strains. An In Vitro Study*

Estenia Alberca-Torres<sup>1</sup> , Ronald H. Dilas-Castillo<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Franklin Roosevelt, Huancayo, Perú

**Cómo citar:** E. Alberca-Torres and R.H. Dilas-Castillo, "Evaluación del Potencial Antimicótico del Aceite Esencial de Zingiber Officinale frente a cepas de Candida albicans. Estudio in Vitro", *Epistemia Revista Científica*, 8(2), 2024. <https://doi.org/10.26495/erc.2785>

**Información del artículo**  
Recibido: 22/07/2024  
Aceptado: 05/08/2024  
Publicado: 07/08/2024

**Autor de correspondencia:**  
Estenia Alberca-Torres,  
[esteny29@hotmail.com](mailto:esteny29@hotmail.com)

Este artículo es de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



**RESUMEN:** En este estudio in vitro, se evaluaron las propiedades antimicóticas del aceite esencial de Zingiber Officinale contra Candida albicans, un patógeno comúnmente asociado con infecciones fúngicas en humanos. El diseño de investigación fue de tipo aplicado, de corte transversal y experimental. Se utilizó Zingiber officinale como población de estudio, utilizando 6 kg de rizomas para la extracción del aceite esencial mediante la técnica de Soxhlet. La evaluación del efecto antimicótico se realizó mediante la técnica de Kirby Bauer, con 15 repeticiones en placas de cultivo y empleo de controles negativos (DMS) y positivos (nistatina). La contrastación de hipótesis se llevó a cabo mediante estadística inferencial con ANOVA y la prueba post hoc de Tukey, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados demostraron una marcada sensibilidad de Candida albicans al aceite de Zingiber Officinale en concentraciones del 100% y 50%, similares al efecto observado con la nistatina utilizada como control positivo. El análisis de varianza identificó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, validando así la eficacia del aceite de Zingiber Officinale como agente antimicótico. Estos hallazgos subrayan la importancia de investigar y desarrollar terapias basadas en compuestos naturales para abordar infecciones fúngicas, contribuyendo significativamente a la lucha contra patógenos resistentes.

**Palabras clave:** Aceite Esencial; Zingiber Officinale; Candida Albicans; Candidiasis; Jengibre

**ABSTRACT:** In this in vitro study, the antifungal properties of Zingiber Officinale essential oil against Candida albicans, a pathogen commonly associated with fungal infections in humans, were evaluated. The research design was applied, cross-sectional, and experimental. Zingiber Officinale was used as the study population, with 6 kg of rhizomes utilized for essential oil extraction using the Soxhlet technique. Antifungal activity assessment was conducted using the Kirby Bauer technique, with 15 repetitions on culture plates and inclusion of negative (DMS) and positive (nystatin) controls. Hypothesis testing employed inferential statistics with ANOVA and Tukey's post hoc test at a 95% confidence level. Results demonstrated significant sensitivity of Candida albicans to Zingiber Officinale oil at concentrations of 100% and 50%, comparable to the effect observed with nystatin as the positive control. Analysis of variance identified statistically significant differences among treatment groups, confirming the efficacy of Zingiber Officinale oil as an antifungal agent. These findings underscore the importance of researching and developing therapies based on natural compounds to address fungal infections, thus significantly contributing to the fight against resistant pathogens.

**Keywords:** Essential oil; Zingiber Officinale; Candida albicans; Candidiasis; Jengibre

## 1. Introducción

Las infecciones fúngicas son un problema de salud pública creciente, afectando a millones de personas en todo el mundo. Se estima que las infecciones fúngicas son responsables de un número significativo de enfermedades, especialmente en pacientes inmunocomprometidos. La prevalencia de estas infecciones ha aumentado en las últimas décadas, en parte debido a la mayor utilización de tratamientos inmunosupresores y antibióticos, que alteran el equilibrio del microbioma y permiten el crecimiento descontrolado de hongos [1] [2].

Entre los diversos hongos patógenos, *Candida albicans* es considerado un hongo patógeno perteneciente al filo Ascomycota que habitualmente se encuentra en la flora mucosa humana, capaz de causar desde infecciones superficiales hasta formas sistémicas severas como la candidiasis, el cual puede tener tasas elevadas de morbilidad y mortalidad [3] [4] [5]. Este hongo afecta con frecuencia las mucosas, especialmente en la zona genital femenina, siendo el principal causante de la candidiasis vaginal, que afecta hasta al 75% de las mujeres. También son comunes las infecciones orales, particularmente en pacientes con VIH. Además, puede agravar enfermedades intestinales inflamatorias crónicas en los individuos afectados [6] [7].

La candidiasis ha experimentado un notable aumento a nivel mundial en las últimas décadas, impulsado por la resistencia emergente que ha elevado tanto las tasas de mortalidad como los costos de tratamiento en entornos hospitalarios [8]. Esta resistencia ha contribuido al aumento de la mortalidad, con tasas de mortalidad que oscilan entre el 20% y el 50% [9]. Para hongos del género *Aspergillus*, estas tasas pueden alcanzar entre el 40% y el 80%, siendo la mortalidad asociada a este tipo de infecciones aproximadamente del 90% [10]. En el Perú, las candidiasis es una de las infecciones fúngicas más prevalentes y difíciles de tratar, con aproximadamente 581,174 casos reportados anualmente [11].

La resistencia de *Candida albicans* a los antifúngicos ha impulsado la investigación hacia nuevas estrategias de tratamiento, incluyendo el uso de aceites esenciales (AE). Estos compuestos naturales han mostrado propiedades antifúngicas prometedoras y podrían ofrecer una alternativa viable para el tratamiento de infecciones fúngicas resistentes [12]. La integración de aceites esenciales en la terapia antifúngica podría no solo mejorar la eficacia del tratamiento, sino también reducir los efectos secundarios asociados con los fármacos convencionales.

Una opción prometedora es el aceite esencial de jengibre, conocido científicamente como *Zingiber officinale*, el cual ha demostrado poseer una actividad antifúngica y antibacteriana notable. La obtención de este aceite se puede realizar empleando diferentes métodos. En [13], se compararon los métodos de arrastre de vapor y extracción con Soxhlet. Se encontró que este último método produjo un rendimiento del 15%, considerablemente superior al 0.083% obtenido por el método de arrastre de vapor.

Para evaluar la resistencia fúngica del aceite de jengibre frente a diferentes especies de *Candida*, se han llevado a cabo varios estudios. Por ejemplo, en el estudio mencionado en [3], emplearon técnicas avanzadas como GC-MS y VITEK-2XL para analizar la composición química de doce AE y evaluar la susceptibilidad antifúngica para cuatro géneros de *Candida* (*C. albicans*, *C. glabrata*, *C. tropicalis* y *C. parapsilosis*). Se encontró que AE como jengibre, ho-sho y absenta, fueron altamente efectivos contra diversas cepas de *Candida*. Además, se observó un efecto sinérgico en combinaciones como jengibre/hinojo y absenta/hinojo, sugiriendo nuevas estrategias para combatir la resistencia fúngica emergente.

En el trabajo de Rinanda, et al. [14], investigaron la actividad anti-biofilm del aceite esencial de jengibre rojo contra *Candida albicans*, destacando su alto contenido de monoterpenoides, principalmente E-citral/geranial y 1,8-cineol. Utilizando Cromatografía de Gases-Espectrofotometría de Masas (GC-MS), se identificaron estos compuestos en el aceite esencial. La evaluación anti-biofilm reveló una inhibición significativa de la biopelícula a una concentración del 0.5%, y degradación efectiva

a 0.125%. Estos hallazgos sugieren que el aceite esencial de jengibre rojo puede ser una prometedora alternativa para combatir la resistencia de *Candida albicans* mediante la interrupción de la formación y degradación de biopelículas.

Otros estudios evaluaron los extractos etanólicos de los AE de diversas plantas. En [15], el extracto etanólico del aceite de jengibre combinado con el aceite de romero (*Rosmarinus officinalis*), mostró ser altamente eficaz, especialmente contra *Candida albicans*, *Candida krusei* y *Streptococcus pneumoniae*. En los trabajos de [16] [17], se investigó el extracto etanólico del aceite de jengibre en cepas de *Escherichia coli* y *Streptococcus pyogenes*, utilizando métodos de maceración, pruebas de solubilidad, marcha fitoquímica y el método de Kirby-Bauer. Se observaron halos de inhibición de 10 mm en las placas Petri para *Escherichia coli*, mientras que para *Streptococcus pyogenes* con volúmenes de 5, 10 15 y 20  $\mu$ L del extracto etanólico del aceite de jengibre se obtuvieron diámetros promedios de 5,3 mm, 6,6 mm, 9,3 mm, y 12 mm respectivamente, concluyendo que el extracto etanólico de jengibre, exhibe una actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* y *Streptococcus pyogenes*. Además, se estudió el efecto del aceite de pino contra la bacteria *Xanthomonas* [18].

Los estudios previos sobre el *Zingiber officinale* (jengibre) han abordado principalmente su actividad antimicrobiana contra diversas bacterias y hongos, utilizando diferentes métodos de extracción y evaluación. No obstante, existe una necesidad de profundizar en la investigación de su efecto antimicótico específico y compararlo de manera detallada con otros medicamentos antimicóticos convencionales. Este enfoque permitirá no solo evaluar la eficacia del jengibre como agente antimicótico, sino también entender su potencial en la terapia de infecciones fúngicas y su posible ventaja o sinergia frente a tratamientos antimicóticos establecidos.

El presente estudio tuvo como finalidad evaluar las propiedades antimicóticas del aceite esencial de *Zingiber officinale* (jengibre) contra *Candida albicans*, un patógeno frecuentemente asociado con infecciones fúngicas en humanos, y comparar su efectividad con la del tratamiento antimicótico convencional, la nistatina. Para ello, se empleó un diseño de investigación aplicado, transversal y experimental. El aceite esencial fue extraído de rizomas de *Zingiber officinale* utilizando la técnica de Soxhlet. Posteriormente, se comparó su efecto antimicótico con el de la nistatina, que se utilizó como control positivo en cultivos de *Candida albicans*. La evaluación del efecto antimicótico se realizó mediante la técnica de Kirby Bauer, y los resultados se analizaron estadísticamente utilizando ANOVA y la prueba post hoc de Tukey para validar la eficacia del aceite en diferentes concentraciones. Este enfoque permitió determinar de manera rigurosa la potencial efectividad del aceite esencial de jengibre en comparación con un agente antimicótico convencional.

## **2. Materiales y método**

### ***2.1. Extracción de aceite esencial de Zingiber officinale***

La muestra de *Zingiber officinale* fue recolectada en la ciudad de Otuzco, situada en la región de La Libertad, Perú. Se eligieron las muestras en función de su estado y apariencia, descartando aquellas que presentaban contaminación, deterioro o estaban secas. En total, se recolectaron 6 kg de esta especie, las cuales fueron envueltas en papel Kraft, facilitando de esta manera, su transporte. Posteriormente, las muestras se lavaron con agua corriente y se extendieron sobre papel Kraft para secarse al aire libre, a temperatura ambiente, durante 24 horas, como se ilustra en la Figura 1.

Después de pelar y picar las muestras, estas se introducen en una estufa a 40°C durante 6 horas. Posteriormente, la muestra es triturada utilizando molino manual. Para la extracción del aceite esencial de *Zingiber officinale*, se empleó el método de destilación con el equipo Soxhlet, conocido por su eficacia en la extracción de aceites esenciales de plantas medicinales. El equipo Soxhlet se monta con las líneas de refrigeración, agregando al balón 200 ml de solvente orgánico y 500 mg de muestra vegetal, llevando a cabo 3 ciclos de extracción. Después de este proceso, se obtuvo una muestra de aceite esencial al 100% y otra al 50% (Figura 2). Para obtener la muestra al 50%, se diluyó el aceite esencial con dimetilsulfoxido hasta alcanzar la mitad de la concentración original.



**Figura 1.** Muestras recolectadas de *Zingiber officinale*.



**Figura 2.** Obtención de aceite esencial con una concentración del 100% y 50%.

## 2.2. Reactivación *in vitro* de la cepa de *Candida albicans* ATCC.

Para reactivar la cepa de *Candida albicans* ATCC *in vitro* (Figura 3), se siguen los protocolos establecidos por el proveedor [19] [20]. En primer lugar, se deja reposar la cepa ATCC a temperatura ambiente durante 2 horas. A continuación, se abre el sachet y se rompe la ampolla que contiene el solvente, el cual se mezcla cuidadosamente con el liofilizado de la cepa. Esta mezcla se agita para asegurar una homogeneización completa de la muestra. Una vez que la cepa está completamente disuelta en el solvente, se utiliza un hisopo estéril para recolectar la suspensión y se aplica en estrías sobre un medio de cultivo de agar nutritivo. Finalmente, las placas se incuban durante 24 horas a una temperatura de 35°C para permitir el crecimiento óptimo de la cepa.



**Figura 3.** Activación de la cepa y diluciones seriadas

Para preparar el inóculo, se recoge una muestra de las colonias de *Candida albicans* en la placa utilizando un hisopo. Posteriormente, se realizan diluciones seriadas 1/10 en agua estéril. La comparación visual se realiza a contraluz utilizando el estándar 0.5 de la Escala de McFarland, que es una técnica para medir la concentración de microorganismos en una suspensión basándose en patrones



de densidad óptica correlacionados con la cantidad de microorganismos presentes. Si la turbidez deseada no se alcanza, se efectúan diluciones adicionales: 1 ml de la solución anterior se mezcla con 9 ml de agua destilada, y este proceso se repite hasta lograr la turbidez equivalente al estándar 0.5 de McFarland (ver Figura 4). Una vez alcanzada la concentración adecuada, se usa un hisopo estéril humedecido con la cepa para inocular uniformemente la superficie, asegurando una distribución homogénea.



Figura 4. Realizado de dilución McFarland y comparación a trasluz.

Se realiza una prueba de sensibilidad utilizando aceite esencial puro al 100%, del cual se prepara una dilución al 50% con dimetilsulfóxido (DMSO) como solvente. Se cortan discos de papel de filtro Whatman N°1 de 6 mm de diámetro, en los cuales se aplican las distintas concentraciones del aceite esencial para evaluación. En cada placa de agar Müller-Hinton, previamente inoculada con una suspensión estandarizada de *Candida albicans* ATCC, se colocan tres discos impregnados con las concentraciones del aceite esencial, además de discos de control negativo (DMSO) y control positivo (nistatina). Luego, las placas se incuban a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Técnica de Prueba de Sensibilidad con Aceites Esenciales al 100% y 50% de concentración.

Una vez retiradas las placas de la incubadora, se procede de inmediato a la visualización de los halos de inhibición mediante observación a contraluz. Se emplea el método Kirby-Bauer, también conocido como método de difusión en agar, que se utiliza para evaluar la actividad antimicrobiana. Este método genera halos de inhibición, cuyo tamaño indica la efectividad del agente antimicrobiano evaluado [21]. Posteriormente, se mide el diámetro de los halos formados utilizando una regla milimetrada, un vernier digital o un pie de rey. Los datos obtenidos se registran en la ficha de recolección de datos correspondiente a cada muestra, lo que permite un análisis sistemático de los resultados.

### 2.3. Método de análisis de datos.

Se procede inicialmente con la obtención del estadístico descriptivo para cada grupo de datos, lo cual implica calcular medidas como la desviación estándar, la mediana, la media y otros parámetros que permiten caracterizar la distribución y la dispersión de los datos en cada grupo de estudio. Estos

estadísticos descriptivos son esenciales para comprender la naturaleza de las muestras y ofrecer una visión general de la distribución interna de los datos en cada grupo.

Después de obtener los estadísticos descriptivos, se realizan pruebas para evaluar la normalidad de los datos y la homogeneidad de varianzas entre los grupos. La prueba de normalidad verifica si los datos siguen una distribución normal, lo cual es crucial para aplicar pruebas paramétricas como el ANOVA. Por otro lado, la prueba de homogeneidad de varianzas confirma que las varianzas en cada grupo de datos sean aproximadamente iguales, lo cual es necesario para asegurar la validez del ANOVA y la interpretación de sus resultados.

Posteriormente, se procede con el análisis de la varianza (ANOVA), el cual permite determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los grupos de estudio. Este análisis es útil cuando se comparan más de dos grupos y se desea conocer si las diferencias observadas entre ellos son estadísticamente significativas o simplemente producto de la variabilidad aleatoria de los datos. En caso de encontrar diferencias significativas mediante el ANOVA, se utiliza la prueba de Tukey como un procedimiento post hoc para realizar comparaciones múltiples entre pares de grupos. La prueba de Tukey ajusta los valores de p para controlar el error tipo I debido a las múltiples comparaciones, permitiendo identificar específicamente qué grupos difieren entre sí y cuáles no, con un nivel de significancia (alfa) usualmente fijado en 0,05 para determinar la significancia estadística.

#### **2.4. Aspectos éticos**

Dentro del contexto de esta investigación, se hace hincapié en el principio bioético de no maleficencia, el cual implica la responsabilidad de evitar causar daño o, en su defecto, reducirlo en todo momento y circunstancia. Este principio es crucial dado el potencial riesgo asociado con materiales bio-contaminados. Como medida estándar de bioseguridad, todos los materiales bio-contaminados fueron esterilizados previamente. Esta precaución garantiza no solo la integridad y seguridad de quienes manipulan los materiales durante el estudio, sino también el cumplimiento con las normativas éticas que rigen la investigación en el ámbito biomédico y biológico.

La esterilización anticipada de los materiales bio-contaminados es una práctica esencial para mitigar cualquier posible riesgo de exposición a agentes patógenos. Esto refleja un compromiso riguroso con la ética de la investigación, asegurando que todos los procedimientos se realicen de manera responsable y segura. Al seguir estas directrices bioéticas, se subraya el respeto hacia los principios fundamentales que guían la investigación científica, promoviendo así un entorno donde la protección de la salud y el bienestar de los participantes y los investigadores es prioritaria.

### **3. Resultados**

En el presente estudio, se realizaron análisis detallados para evaluar el efecto antimicótico de diferentes concentraciones de aceite de kion (jengibre) utilizando el Método Kirby-Bauer y un software estadístico IBM SPSS. Este método es ampliamente reconocido por su capacidad para determinar la actividad antimicrobiana mediante la formación de halos de inhibición alrededor de discos impregnados con sustancias de interés sobre un medio de cultivo y la relevancia de los hallazgos.

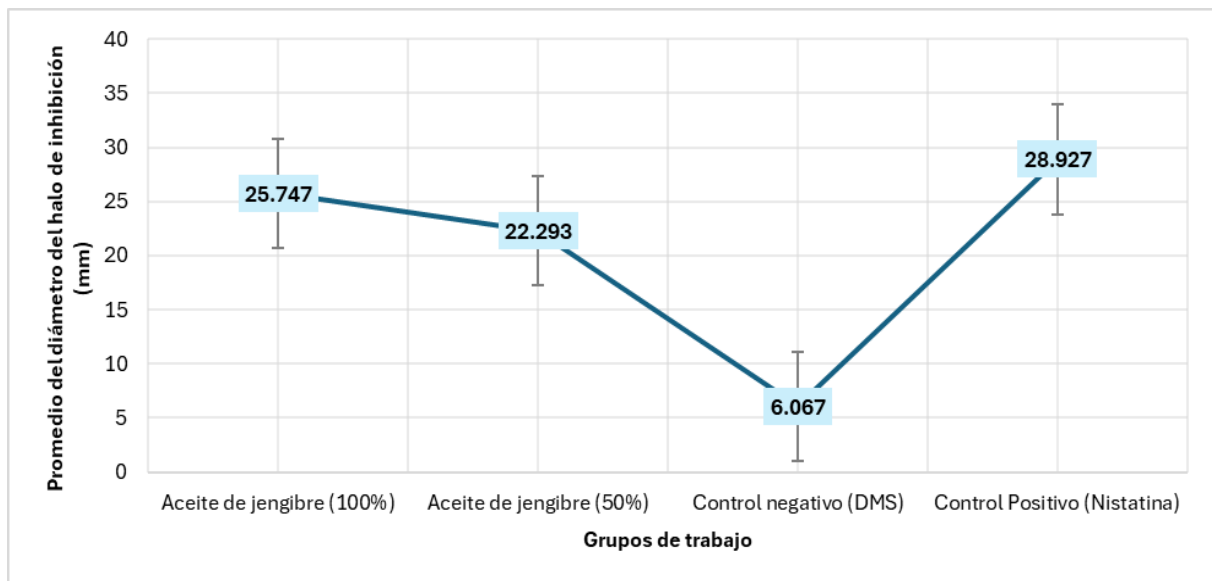
En la Tabla 1 se describen los datos analizados para cada grupo de tratamiento y control. Se observa que el aceite de jengibre al 100% produjo un halo de inhibición promedio de  $25.75 \pm 0.36$  mm, mientras que el aceite de jengibre al 50% mostró un halo de  $22.29 \pm 0.38$  mm. En contraste, el control negativo exhibió un halo de inhibición promedio de  $6.07 \pm 0.28$  mm, y el control positivo con nistatina alcanzó un halo de  $28.93 \pm 0.38$  mm. También se incluyen medidas de dispersión como el error estándar, la desviación estándar, y los límites superior e inferior, calculados con un nivel de confianza del 95%. Además, se reportan los valores máximos y mínimos observados en cada grupo, proporcionando una visión más detallada sobre la efectividad de los tratamientos evaluados.

**Tabla 1.** Análisis de halos de inhibición y estadísticas descriptivas del efecto antimicótico del aceite de jengibre.

Grupos	N	Media	Std. Desviación	Std. Error	Intervalo de la media 95% confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Aceite de jengibre (100%)	15	25.75	0.36	0.09	25.55	25.95
Aceite de jengibre (50%)	15	22.29	0.38	0.10	22.09	22.50
Control negativo (DMS)	15	6.07	0.28	0.07	5.91	6.22
Control Positivo (Nistatina)	15	28.93	0.38	0.10	28.72	29.14
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>20.76</b>	<b>8.88</b>	<b>1.15</b>	<b>18.46</b>	<b>23.05</b>

La Figura 6 muestra un gráfico de medias que ilustra la variación en el tamaño promedio de los halos de inhibición para cada uno de los grupos experimentales y de control al exponerse a cultivos in vitro de *Candida albicans*. El gráfico revela que, con el aumento de la concentración del extracto de *Zingiber officinale* (jengibre), también aumenta el tamaño del halo de inhibición, indicando una relación directa entre la concentración del extracto y su efecto antimicótico.

Además, se destacan diferencias significativas entre los grupos experimentales y los controles negativo y positivo, lo que evidencia distintos niveles de actividad antimicrobiana frente al patógeno. Estos hallazgos subrayan la efectividad del extracto de jengibre en la inhibición del crecimiento de *Candida albicans*, lo que podría tener implicaciones importantes para su uso en tratamientos antimicóticos.



**Figura 6.** Análisis de concentraciones en los grupos experimentales y control

Se ha realizado un análisis de la distribución basado en la media de los grupos examinados, observándose que todos muestran una distribución normal. Esta conclusión se basa en los resultados obtenidos mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk [22], las cuales se emplearon para verificar la normalidad de los datos estudiados. Al comparar los valores de p obtenidos de estas pruebas inferenciales con el nivel de significancia establecido para el estudio (0.05), se confirma que los datos cumplen con los criterios de normalidad esperados. Los detalles de estos resultados se encuentran resumidos en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Evaluación de la distribución normal en cada grupo de tratamientos

Grupos de trabajo	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Diámetro del halo de inhibición (mm)	Aceite de jengibre (100%)	0.158	15.000	0.200*	0.961	15.000	0.710
	Aceite de jengibre (50%)	0.132	15.000	0.200*	0.956	15.000	0.629
	Control negativo (DMS)	0.131	15.000	0.200*	0.958	15.000	0.657
	Control Positivo (Nistatina)	0.170	15.000	0.200*	0.950	15.000	0.519

\*. Este es un límite inferior de la verdadera significancia.

a. Corrección de Significancia de Lilliefors

En la Tabla 3 se presenta el análisis de la homogeneidad de varianzas respecto a la media de los halos de inhibición, evaluado mediante la Prueba de Levene [23]. Los resultados indican que todos los grupos analizados muestran homogeneidad o homocedasticidad, ya que el valor de p obtenido fue superior a 0.05.

**Tabla 3.** Análisis de la homogeneidad de varianzas para los diámetros del halo de inhibición

	Levene Statistic	df1	df2	p-valor
Basado en la media	0.298	3	56.000	0.827
Basado en la mediana	0.241	3	56.000	0.868
Basado en la mediana y con grados de libertad ajustados	0.241	3	47.550	0.867
Basado en la media recortada	0.295	3	56.000	0.829

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) presentados en la Tabla 4 permiten identificar si existen diferencias significativas en los tamaños de los halos de inhibición entre los distintos grupos de datos analizados. Al comparar el valor p con un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0.05, se observa que el p-valor es inferior a este umbral. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, indicando que hay diferencias estadísticamente significativas en las medias de los halos de inhibición entre al menos uno de los grupos evaluados.

**Tabla 4.** Análisis de varianza (ANOVA) de los diámetros de halo de inhibición entre los distintos grupos de tratamiento.

	Suma de cuadrados	df	Media al cuadrado	F	p-valor
Entre grupos	4647.097	3	1549.032	12518.636	0.000
Dentro de los grupos	6.929	56	0.124	-	-
Total	4654.026	59	-	-	-

La Tabla 5 presenta el análisis post hoc mediante comparaciones múltiples, que examina cada grupo de tratamiento en relación con los demás para identificar diferencias significativas en las medias de los halos de inhibición. Los resultados muestran que el nivel de significancia obtenido es inferior a 0.05, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en las medias de los halos de inhibición entre todos los grupos analizados. Esto subraya la efectividad variable de los tratamientos evaluados en la inhibición del crecimiento de *Candida albicans*, lo que podría tener implicaciones importantes para el desarrollo de estrategias antimicrobianas.



**Tabla 5.** Aplicación de la prueba Post Hoc para comparaciones múltiples

(I) Grupos de trabajo	(J) Grupos de trabajo	Mean Diferencia de medias(I-J)	Std. Error	95% Intervalo de confianza	
				Lower Bound	Upper Bound
Aceite de jengibre (100%)	Aceite de jengibre (50%)	3.453*	0.128	3.113	3.793
	Control negativo (DMS)	19.680*	0.128	19.340	20.020
	Control Positivo(Nistatina)	-3.180*	0.128	-3.520	-2.840
Aceite de jengibre (50%)	Aceite de jengibre (100%)	-3.453*	0.128	-3.793	-3.113
	Control negativo (DMS)	16.227*	0.128	15.887	16.567
	Control Positivo(Nistatina)	-6.633*	0.128	-6.973	-6.293
Control negativo(DMS)	Aceite de jengibre (100%)	-19.680*	0.128	-20.020	-19.340
	Aceite de jengibre (50%)	-16.227*	0.128	-16.567	-15.887
	Control Positivo (Nistatina)	-22.860*	0.128	-23.200	-22.520
Control Positivo (Nistatina)	Aceite de jengibre (100%)	3.180*	0.128	2.840	3.520
	Aceite de jengibre (50%)	6.633*	0.128	6.293	6.973
	Control negativo (DMS)	22.860*	0.128	22.520	23.200

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo por subgrupos homogéneos utilizando la prueba de Tukey, cuyos resultados se detallan de manera exhaustiva en la Tabla 6. Este análisis permitió identificar con precisión las diferencias significativas entre cada uno de los grupos de datos analizados, lo cual reveló que todos los tratamientos evaluados poseen diferentes niveles de efectividad antimicótica contra *Candida albicans*. Es notable que la nistatina mostró el mayor efecto antimicótico entre todos, seguida por el aceite de kion al 100% y al 50%, respectivamente. Estos hallazgos destacan la importancia de la selección y concentración de los tratamientos en la inhibición del crecimiento de este patógeno.

**Tabla 6.** Análisis por subgrupos homogéneos mediante la prueba de Tukey

Grupos de trabajo	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Control negativo (DMS)	15	6.06	-	-	-
Aceite de jengibre (50%)	15	-	22.29	-	-
Aceite de jengibre (100%)	15	-	-	25.74	-
Control Positivo (Nistatina)	15	-	-	-	28,92
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la Tabla 7 se presenta un análisis comparativo del tamaño del halo de inhibición inducido por el aceite de *Zingiber officinale* (jengibre) sobre la cepa de *Candida albicans*, evaluado mediante la escala de Duraffourd. Los resultados indican una notable sensibilidad de *Candida albicans* al aceite de jengibre, tanto en concentraciones del 100% como del 50%, mostrando un efecto comparable al de la nistatina, que se utilizó como control positivo en este estudio. Este hallazgo resalta el potencial antimicótico del aceite de *Zingiber officinale* contra *Candida albicans*, evidenciando su efectividad en condiciones de laboratorio.

**Tabla 7.** Valoración de la actividad antimicótica del aceite de Zingiber officinale según escala de Duraffourd

Tratamiento	Sensibilidad nula < 8 mm	Sensibilidad 8-14 mm	Muy sensible 15-20 mm	Sumamente sensible >20mm
Aceite de jengibre (100%)	-	-	-	25,75 ± 0,36
Aceite de jengibre (50%)	-	-	-	22,29 ± 0,38
Control negativo (DMS)	6,07 ± 0,28	-	-	-
Control positivo (Nistatina)	-	-	-	28,93 ± 0,38

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian la efectividad del aceite de jengibre (*Zingiber officinale*) como un agente antimicótico frente a *Candida albicans*. Los datos analizados muestran que el aceite de jengibre al 100% genera un halo de inhibición promedio de 25,75 ± 0,36 mm, lo que indica una actividad significativa contra el patógeno. Además, el aceite al 50% también demostró un efecto notable, con un halo de 22,29 ± 0,38 mm, lo que sugiere que incluso a concentraciones más bajas, el aceite de jengibre puede ser eficaz en la inhibición del crecimiento de *Candida albicans*.

El análisis estadístico, que incluye pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, confirma la validez de los resultados. La prueba ANOVA reveló diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, lo que refuerza la hipótesis de que las concentraciones de aceite de jengibre afectan directamente la actividad antimicótica. Las comparaciones post hoc, realizadas mediante la prueba de Tukey, respaldan la conclusión de que todos los tratamientos evaluados tienen distintos niveles de efectividad, siendo la nistatina la más potente, seguida por el aceite de jengibre en sus diferentes concentraciones.

Estos hallazgos subrayan el potencial del aceite de jengibre como un tratamiento alternativo o complementario en la lucha contra las infecciones por *Candida albicans*, destacando la importancia de explorar y validar el uso de aceites esenciales en la terapia antimicótica. La sensibilidad observada de *Candida albicans* al aceite de jengibre en condiciones de laboratorio sugiere que este compuesto podría ser un candidato prometedor para futuras investigaciones y aplicaciones clínicas en el manejo de infecciones fúngicas.

#### 4. Conclusiones

En este estudio in vitro sobre las propiedades antimicóticas del aceite esencial de *Zingiber Officinale* contra *Candida albicans*, se ha demostrado de manera significativa la efectividad de este compuesto natural como agente antimicótico. Los resultados obtenidos a través de la evaluación del tamaño del halo de inhibición, comparando el aceite de *Zingiber Officinale* con la nistatina como control positivo, revelaron una notable sensibilidad de *Candida albicans* al aceite de *Zingiber Officinale* en concentraciones del 100% y 50%.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, lo cual fue validado mediante pruebas post hoc y de Tukey. Estos hallazgos respaldan la hipótesis inicial de que el aceite de *Zingiber Officinale* posee propiedades antimicóticas efectivas contra *Candida albicans*, lo que sugiere su potencial uso como una alternativa terapéutica en el tratamiento de infecciones fúngicas.

La sensibilidad demostrada de *Candida albicans* al aceite de *Zingiber Officinale* resalta la importancia de considerar este compuesto natural como una opción prometedora para combatir infecciones micóticas, especialmente en entornos donde la resistencia a los fármacos convencionales es un problema creciente. Estos resultados abren la puerta a futuras investigaciones que podrían explorar aún más las aplicaciones clínicas y terapéuticas del aceite de *Zingiber Officinale* en el tratamiento de micosis, contribuyendo así al desarrollo de estrategias más efectivas y sostenibles en el control de estas infecciones.

**Contribuciones:** Conceptualización, metodología, software, validación, análisis formal, investigación, recursos, curación de datos, redacción del borrador original, escritura, revisión y edición, visualización, supervisión, administración del proyecto, Estenia Alberca-Torres y Ronald H. Dilas-Castillo. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

**Conflicto de Intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Agradecimientos:** A la Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt por la oportunidad de obtener nuestro título profesional, y a la Mg. Q.F. Aracely Janett Maravi Cabrera por su apoyo durante la elaboración de nuestra investigación.

## Referencias

- [1] Manual MSD, "Introducción a las infecciones fúngicas de la piel - Trastornos de la piel", [En línea]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/hogar/trastornos-de-la-piel/infecciones-fungicas-de-la-piel/introducción-a-las-infecciones-fungicas-de-la-piel> (Accedido: 25 de enero de 2024)
- [2] Academia Española de Dermatología y Venereología (AEDV), "Infecciones Fúngicas", *Actas Dermosifiliográficas*, vol. 92, pp. 78-81, 2001.
- [3] L. Hleba, M. Hlebová, and I. Charousová, "In Vitro Evaluation of Synergistic Essential Oils Combination for Enhanced Antifungal Activity against *Candida* spp", *Life*, vol. 14, no. 6, 2024, doi: 10.3390/life14060693.
- [4] M. Paul-Satyaseela *et al.*, "Novel hydroxamates potentiated in vitro activity of fluconazole against *Candida albicans*", *J Nat Sci Biol Med*, vol. 8, no. 1, pp. 119-124, 2017, doi: 10.4103/0976-9668.198349.
- [5] A. A. Stepanov, D. V. Poshvina, and A. S. Vasilchenko, "Diacetylphloroglucinol Modulates *Candida albicans* Virulence", *Journal of Fungi*, vol. 8, no. 10, 2022, doi: 10.3390/jof8101018.
- [6] INSST, "Candida albicans - Hongo - Agentes biológicos", [En línea]. Disponible en: <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/hongos/candida-albicans> (Accedido: 12 de mayo de 2024)
- [7] J. Pineda-Murillo, A.A. Cortés-Figueroa, T.N.J. Uribarren-Berrueta and L.R. Castañón-Olivares, "Candidosis vaginal. Revisión de la literatura y situación de México y otros países latinoamericanos", *Revista Médica de Risaralda*, vol. 23, no. 1, pp. 38-44, 2017.
- [8] M. A. Mir, U. Rasool, S. Aisha, B. Alshehri, and S. S. Hamadani, "Chapter 1 - Human pathogenic microbes (bacterial and fungal) and associated diseases", in *Human Pathogenic Microbes*, M. A. Mir, Academic Press, 2022, pp. 1-30. doi: 10.1016/B978-0-323-96127-1.00002-4.
- [9] WHO, "WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action", [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241> (Accedido: 3 de julio de 2024)
- [10] S. Zurita Macalupú, "Situación de la resistencia antifúngica de especies del género *Candida* en Perú", *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 35, no. 1, pp. 126-131, 2018, doi: 10.17843/rpmesp.2018.351.3563.
- [11] B. Bustamante, D. W. Denning, and P. E. Campos, "Serious fungal infections in Peru", *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, vol. 36, no. 6, pp. 943-948, 2017, doi: 10.1007/s10096-017-2924-9.
- [12] M. Borges Sá, "Actualización sobre el tratamiento de las infecciones fúngicas graves", 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.seq.es/seq/0214-3429/21/5/borges.pdf> (Accedido: 24 de abril de 2024)
- [13] M. Gutierrez Meneses and M. T. Neyra Alva, "Obtención y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)", *Repositorio institucional - UNAC*, 2017, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3464> (Accedido: 13 de julio de 2024)
- [14] T. Rinanda, R. P. Isnanda, and Zulfitri, "Chemical Analysis of Red Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe var *rubrum*) Essential Oil and Its Anti-biofilm Activity against *Candida albicans*", *Natural Product Communications*, vol. 13, no. 12, 2018, doi: 10.1177/1934578X1801301206.
- [15] S. Akroum, "Activité antimicrobienne des extraits de *Rosmarinus officinalis* et *Zingiber officinale* sur les espèces du genre *Candida* et sur *Streptococcus pneumoniae*", *Annales Pharmaceutiques Françaises*, vol. 79, no. 1, pp. 62-69, 2021, doi: 10.1016/j.pharma.2020.06.003.
- [16] L. G. Ñahuis Sandoval and N. Enciso Yupanqui, "Efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico del zingiber officinale (kión) en cepas de *Escherichia coli*", 2018, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/3507> (Accedido: 13 de julio de 2024)
- [17] L. M. Pelaez Loyola and S. M. Zavala Obando, "Efecto del extracto etanólico de los rizomas de zingiber officinale (jengibre) en el crecimiento de cepas patógenas de *Streptococcus pyogenes*", 2016. [En línea]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/1480> (Accedido: 24 de enero de 2024)

- [18] A. E. Contreras Villavicencio, "Capacidad inhibitoria de los aceites esenciales del Jengibre (*Zingiber officinale*) y Pino (*Pinus* sp.) frente a la bacteria *Xanthomona* sp en condiciones in vitro", [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17277> (Accedido: 13 de junio de 2024)
- [19] Clinical and Laboratory Standards Institute, "Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts" [En línea]. Disponible en: [https://clsi.org/media/1897/m27ed4\\_sample.pdf](https://clsi.org/media/1897/m27ed4_sample.pdf) (Accedido: 4 de julio de 2024)
- [20] M. Mirshekar, M. H. Emami, and R. Mohammadi, "In vitro antifungal susceptibility pattern of *Candida* species isolated from gastroesophageal candidiasis", *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*, vol. 14, no. 3, pp. 260-266, 2021.
- [21] Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol, [En línea]. Disponible en: <https://asm.org:443/Protocols/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Pro> (Accedido: 4 de enero de 2024)
- [22] H. A. L. Jaramillo, C. A. E. Pinos, A. F. H. Sarango, and H. D. O. Román, "Histograma y distribución normal: Shapiro-Wilk y Kolmogorov Smirnov aplicado en SPSS", *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 4, no. 4, Art. n.º 4, 2023, doi: 10.56712/latam.v4i4.1242.
- [23] t-Test, Chi-Square, ANOVA, Regression, Correlation, [En línea]. Disponible en: <https://datatab.es/tutorial/levens-test> (Accedido: 14 de febrero de 2024)