

# Efecto inhibidor de los extractos oleaginosos de *Coffea arabica* y *Ananas comosus* sobre *Enterococcus faecalis*

## Inhibiting effect on oleaginous extracts of *Coffea arabica* and *Ananas comosus* on *Enterococcus faecalis*

Nelson Alfonso Vega Contreras\*, María Angélica Farfan Casadiego\*\*, Angie Lisandra García Pabón\*\*\*

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v27n1.119003

### RESUMEN

La resistencia de los microorganismos a los agentes antimicrobianos representa un desafío crítico para la salud pública. Entre estos, *Enterococcus faecalis* destaca como una bacteria grampositiva, anaerobia facultativa y oportunista, reconocida como uno de los principales causantes de infecciones nosocomiales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto inhibidor de los extractos oleaginosos obtenidos de la cáscara de café (*Coffea arabica*) y las hojas de la corona de piña (*Ananas comosus*) sobre el crecimiento de *E. faecalis*, con el fin de explorar alternativas naturales para su control. Metodológicamente, en la investigación se recolectaron 6 kg de hojas de corona de piña y cáscara de café; las hojas fueron deshidratadas en horno y luego molidas hasta obtener una harina fina. La extracción de los compuestos oleaginosos se realizó mediante el método Soxhlet, La identificación de compuestos fenólicos se llevó a cabo mediante cromatografía líquida. En cuanto a la evaluación de la actividad antimicrobiana, se utilizó el método de difusión en disco sobre agar Mueller-Hinton, empleando oxacilina como control positivo y DMSO como control negativo. Los resultados se expresaron en milímetros de los halos de inhibición generados por cada concentración de los extractos. A concentración del 100%, el extracto de *A. comosus* presentó un halo de inhibición de 2,34 mm, mientras que el de *C. arabica* alcanzó los 3,11 mm, siendo esta la concentración más efectividad. Se concluyó que los extractos de ambas fuentes vegetales presentan actividad antimicrobiana contra *E. faecalis*, y el análisis ANOVA confirmó diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

**Palabras clave:** antimicrobianos, compuestos fenólicos, extractos vegetales, microorganismos, residuos.

### ABSTRACT

The resistance of microorganisms to antimicrobial agents represents a critical challenge for public health. Among these, *Enterococcus faecalis* stands out as a gram-positive, facultative anaerobic and opportunistic bacterium, recognized as one of the main causes of nosocomial infections. The present study aimed to evaluate the inhibitory effect of oleaginous extracts obtained from coffee husk (*Coffea arabica*) and pineapple crown leaves (*Ananas comosus*) on the growth of *E. faecalis*, in order to explore natural alternatives for its control. Methodologically, in the research 6 kg of pineapple crown leaves and coffee husk were collected; the leaves were dehydrated in an oven and then ground to

\*. Universidad Francisco de Paula Santander, Correo electrónico nelsonalfonsovc@ufps.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5013-2146>, Colombia

\*\* Universidad Francisco de Paula Santander, Correo electrónico: mariaangelicafaca@ufps.edu.co, ORCID : <http://orcid.org/0009-0009-4333-6544> , Colombia

\*\*\* Universidad Francisco de Paula Santander, Correo electrónico: angielisandragapa@ufps.edu.co, ORCID <http://orcid.org/0009-0009-8619-8364>. Colombia

obtain a fine flour. The extraction of oleaginous compounds was carried out by the Soxhlet method. The identification of phenolic compounds was carried out by liquid chromatography. As for the evaluation of antimicrobial activity, the disc diffusion method was used on Mueller-Hinton agar, using oxacillin as a positive control and DMSO as a negative control. The results were expressed in millimeters of the inhibition halos generated by each concentration of the extracts. At 100% concentration, the *A. comosus* extract presented an inhibition halo of 2.34 mm, while that of *C. arabica* reached 3.11 mm, this being the most effective concentration. It was concluded that extracts from both plant sources showed antimicrobial activity against *E. faecalis*, and ANOVA analysis confirmed significant differences between the treatments applied.

**Keywords:** antimicrobials, phenolic compounds, plant extracts, microorganisms, residues.

**Recibido:** febrero 23 de 2025    **Aprobado:** abril 25 de 2025

## INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antibióticos es de las principales preocupaciones de la salud pública a nivel mundial (Singaravelu, 2019; Li *et al.*, 2025). Este fenómeno ha sido reconocido por la Organización Mundial de la Salud, como una de las mayores amenazas para la salud humana (OMS, 2020), debido a su impacto en la eficacia de los tratamientos y al aumento de la morbilidad y mortalidad asociadas a infecciones bacterianas (Spellberg *et al.*, 2011). Entre los microorganismos que han desarrollado resistencia a múltiples antibióticos destaca el género *Enterococcus*, considerado uno de los principales patógenos nosocomiales (Almeida-Santos *et al.*, 2025). Su resistencia intrínseca a la mayoría de los antibióticos dificulta significativamente su tratamiento (Cercenado, 2011), y lo convierte en un agente causal de entre el 5% y el 15% de los casos de enfermedades como la endocarditis (Escola *et al.*, 2020). La Organización Mundial de la Salud ha clasificado *Enterococcus faecalis* como un patógeno de alta prioridad debido a su resistencia a múltiples fármacos, lo que limita significativamente las opciones terapéuticas disponibles. Este microorganismo representa un desafío creciente en la medicina moderna, ya que está asociado con infecciones graves y de difícil tratamiento (Aguirre & Huatuco, 2014). Se estima que aproximadamente el 80% de las infecciones por *Enterococcus* son causadas por *E. faecalis*, es importante resaltar que, aunque forma parte de la microbiota normal del tracto gastrointestinal, genitourinario y la saliva, puede actuar como patógeno oportunista y provocar complicaciones severas en ciertas condiciones (Rufasto *et al.*, 2023). Estos factores subrayan la urgencia de desarrollar nuevas estrategias para su control. Esta situación ha impulsado la búsqueda de alternativas terapéuticas eficaces y seguras, entre las cuales los extractos naturales han emergido como una opción prometedora debido a su amplia gama de compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas (Tril *et al.*, 2014). Esta actividad está relacionada principalmente con el alto contenido de compuestos fenólicos, autores como (Vega *et al.*, 2020), (Vega *et al.*, 2024) y (Pérez y Tuberquia, 2023) han demostrado en sus investigaciones que residuos co-

mo la piña (*Ananas comosus*) y el café (*Coffea arabica*), poseen actividad antimicrobiana que puede inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos. El consumo de estos alimentos se limita a su pulpa, desechando su cáscara y la corona en el caso de la piña. Estos residuos poseen una gran cantidad de beneficios que pueden ser aprovechados en la industria alimentaria y farmacéutica, entre otros (Cerquera & Ibarra, 2022). En consecuencia, para el aprovechamiento de estos residuos orgánicos, el presente estudio evaluó el efecto inhibidor de los extractos oleaginosos de *Coffea arabica* y *Ananas comosus* sobre *Enterococcus faecalis*.

## MATERIALES Y METODOS

### FASE I: Recolección, secado y molienda

Se siguió la metodología planteada por (Cangussu *et al.*, 2021), con algunas modificaciones para lo cual se recolectaron 6kg de la cascarilla de café (*Coffea arabica*) y de coronas de la piña (*Ananas comosus*) a partir de los desechos encontrados en la central de abastos, seguidamente se llevó a cabo el proceso de secado con las hojas de la corona de piña (*Ananas comosus*), en la cual se utilizó un horno de secado especializado capaz de deshidratar los alimentos, se ajustó a una temperatura constante de 60°C por un tiempo de 72h (Johny *et al.*, 2023). Durante esta fase se controló y registro el tiempo de secado necesario para obtener una deshidratación adecuada y calcular el porcentaje humedad perdida de la muestra inicial (% $H_{hb}$ ) aplicando la ecuación 1, (Subdirección de metrología física, 2022). Posteriormente se llevó a cabo la molienda y tamizado de las hojas de (*Ananas comosus*), y la cascarilla de (*Coffea arabica*). La molienda se realizó con el fin de obtener una harina fina o polvo fino.

$$\%H_{hb} = \frac{m_h - m_s}{m_h} \times 100$$

(Ecuación 1)

## FASE II: Extracción, rendimiento e identificación de compuestos fenólicos

La extracción de los compuestos fenólicos de la cascari-lla de café (*Coffea arabica*) y la corona de piña (*Ananas comosus*) se realizó mediante el método Soxhlet, utilizando una extracción sólido-líquido. Para cada proceso, se empleó 1 L de etanol al 96% como solvente. Al finalizar la extracción, se llevó a cabo una destilación simple con el objetivo de concentrar y purificar el extracto oleaginoso. Posteriormente, las muestras obtenidas se almacenaron en frascos ámbar para su conservación. El rendimiento del proceso se calculó utilizando la ecuación 2 descrita por (Fuentes & Luis 2013).

$$\%R = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

(Ecuación 2)

La identificación de compuestos fenólicos se llevó a cabo mediante el análisis de cromatografía líquida de ultra-alta resolución con detector de masas Orbitrap (UHPLC-ESI-ORBITRAP-HRMS), las preparaciones de las muestras analizadas se disolvieron en una muestra en mezcla de metanol: Agua (1:1 v/v) con ácido fórmico 0.2% v/v, vórtex (5 min) y sonicación (5 min) y posterior inyección al equipo cromatográfico. Como estándares de referencia se utilizaron las xantinas: cafeína (Part N° C8960-250G, Sigma-Aldrich), teobromina (Part N° T4500-25G, Sigma-Aldrich) y teofilina (Part N° T1633-25G, Sigma-Aldrich); las catequinas: (±)-catequina (C) (Part N° C1788-500MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina galato (EGCG) (Part N° E4143-50MG, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina (EC) (Part N° E1753-1G, Sigma-Aldrich), (-)-epicatequina galato (ECG) (Part N° E3893-10MG, Sigma-Aldrich), (-)-epigallocatequina (EGC) (Part N° E3768-5MG, Sigma-Aldrich); los flavonoides: ácido caféico (Part N° C0625, Sigma-Aldrich), ácido p-cumárico (Part N° C9008, Sigma-Aldrich), ácido rosmarínico (Part N° 536954-5G, Sigma-Aldrich), quercetina (Part N° Q4951-10G, Sigma-Aldrich), naringenina (Part N° N5893-1G, Sigma-Aldrich), luteolina (Part N° L9283-10MG, Sigma-Aldrich), kaempferol (Part N° K0133-50MG, Sigma-Aldrich), pinocembrina (Part N° P5239, Sigma-Aldrich), apigenina (Part N° A3145-25MG, Sigma-Aldrich); las antocianinas: cianidina 3-rutinosido (Part N° G36428, Sigma-Aldrich), pelargonidina 3-glucósido (Part N° 53489, Sigma-Aldrich). Se utilizó un Cromatógrafo líquido de ultra-alta eficiencia (UHPLC), Dionex Ultimate 3000 (Thermo Scientific, Sunnyvale, CA, EE.UU.), equipado con una bomba binaria de gradiente (HP G3400RS), un inyector automático de muestras (WPS 300TRS) y una unidad termostada para la columna (TCC 3000). La interfaz del LC-MS fue la electronebulización (ESI) y el espectrómetro de masas fue de alta resolución

con un sistema de detección de corrientes de iones Orbitrap. Operado en modo positivo con un voltaje de capilar de 3,5 kV. La fase móvil fue A: una solución de ácido fórmico 0,2% v/v en agua, y B: ácido fórmico 0,2% v/v en acetonitrilo. La condición inicial de gradiente fue de 100% A, cambiando linealmente hasta 100% B (8 min); se mantuvo durante 4 min; el retornó a las condiciones iniciales en 1 min; el tiempo total de corrida fue de 13 min, con 3 min para post-corrida. La identificación de los compuestos se realizó usando el modo de adquisición full scan y la extracción de corrientes iónicas (EIC) correspondientes a los [M+H]<sup>+</sup> de compuestos de interés, medición de masas con exactitud y precisión de  $\Delta\text{ppm} < 1$  y usando una solución-mix estándar de los compuestos (material de referencia certificado), para la cuantificación de los analitos de interés se usó el método de estandarización externa.

## FASE III: Análisis microbiológicos

Para el análisis microbiológico del efecto antimicrobiano se realizaron pruebas de difusión en agar Müller Hinton, las cuales se realizaron por triplicado con la utilización del método de Kirby Bauer (Alhamadani y Oudah, 2022). Seguidamente, en el proceso de preparación de la suspensión bacteriológica se empleó la escala de McFarland (Kueete *et al.*, 2006), como referencia estándar para determinar la concentración de la bacteria para la cual, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 625nm, comúnmente utilizada para para este propósito, asimismo se tomaron alícuotas de 100  $\mu\text{L}$  ( $1 \times 10^8$  UFC/ml) de *E. faecalis*, las cuales fueron inoculadas en cada una de las placas Petri con agar Müller Hinton, sumergiendo así, un hisopo estéril en la suspensión bacteriana para distribuirlo uniformemente en tres direcciones sobre el agar, se dejó secar la placa a temperatura ambiente para que cualquier exceso de humedad superficial. Para el control positivo se diluyó 5ml de agua destilada en 1g de Oxacilina, obteniendo una concentración apropiada de 0,1% de antibiótico. Para la preparación de los tratamientos tabla 1, se procedió a diluir los extractos en dimetilsulfóxido (DMSO) y se prepararon las concentraciones en tubos de Eppendorf estériles. Seguidamente, los discos de papel filtro se añadieron con una pinza estéril, los cuales eran embebidos con 10  $\mu\text{L}$  cada uno con las concentraciones de los tratamientos a (25%, 50%, 75% y 100%). Se incubaron las placas en posición invertidas dentro de los 15 min posteriores de la aplicación de los extractos a evaluar, a una temperatura de  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24h, pasado el tiempo de incubación se examinó cada placa y se midieron los diámetros (mm) de los halos de inhibición de crecimiento alrededor de cada disco, utilizando una regla milimétrica abarcando así, el diámetro del halo.

Tabla 1. Preparación de tratamientos.

Concentración	Extracto (μL)	DMSO (μL)
25%	25	75
50%	50	50
75%	75	25
100%	100	0
Control positivo	Oxacilina	
Control negativo	DMSO	

#### FASE IV: Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados para evaluar la variabilidad en la inhibición de *Enterococcus faecalis* causada por los extractos de *Ananas comosus* y *Coffea arabica* en diferentes tratamientos. Para este análisis, se utilizó el software estadístico SPSS versión 29, lo que permitió evaluar los resultados obtenidos.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### FASE I Recolección, secado molienda

En esta fase se registró el tiempo de secado junto al peso de las hojas obteniendo un resultado de 3,18kg a las 24h, 1,59kg a las 48h y a las 72h con un peso final de 0,76kg, esto con el fin de obtener una deshidratación adecuada y conocer el dato de % de humedad perdida de este proceso, teniendo en cuenta que el resultado fue de 87,33% humedad perdida, a la muestra inicial. En la figura 1 se observa que el peso de la muestra húmeda disminuye, lo que indica la pérdida de agua en la muestra.

Una vez completado el proceso de secado, se procedió a obtener el polvo fino de las hojas de la corona de la piña (*Ananas comosus*) donde se obtuvo 400 gr de harina fina. A su vez se realizó la molienda de la cascara de café (*Coffea arabica*), donde se obtuvo 350 gr de harina fina. Según (Contreras-López, et al., 2019), se encontró que la reducción del tamaño del grano de café mediante molienda fina aumenta significativamente el rendimiento en la extracción.

#### FASE II: Extracción, rendimiento e identificación de compuestos fenólicos en extractos por cromatografía líquida tipo HPLC

El proceso de extracción se realizó en el quipo Soxhlet, mediante el método de separación solido-liquido, usando 1L de etanol al 96% como solvente, al igual que la metodología propuesta por (Vega y Torres 2021), siendo esto de gran importancia ya que de acuerdo con

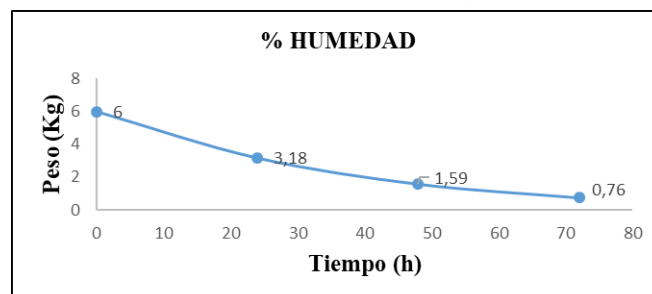


Figura 1. Curva de secado de las hojas de la corona de la piña (*Ananas comosus*).

(Fuentes & Luis 2013), el método de extracción por Soxhlet posee mayor rendimiento a diferencia de extracción asistida por ultrasonidos y extracción por microondas; estas diferencias observadas se deben a que la técnica de arrastre con vapor no entra en contacto directo con el solvente líquido inicialmente, lo que reduce la degradación de compuestos de interés al aumentar la temperatura de operación. Además, el tiempo de contacto entre el solvente fresco y la matriz vegetal permite una extracción eficiente de los compuestos afines. Sin embargo, este método requiere un alto consumo de energía para volatilizar el solvente repetidamente mediante una manta de calentamiento, aunque permite determinar condiciones de extracción óptimas, su uso se limita a la escala de laboratorio. No obstante, su aplicación puede servir para aproximar condiciones para la implementación de otros métodos que pueden ser escalados a nivel piloto o industrial. Se calculó el rendimiento de los extractos oleaginosos teniendo en cuenta la ecuación 2, en la cual se obtuvo 121,944% de rendimiento en el extracto de las hojas de la corona de la piña (*Ananas comosus*) lo que indica que los compuestos fenólicos presentes en las coronas de piña se extraen con alta eficiencia (Vega et al., 2024). En comparación con el extracto de café (*Coffea arabica*) arrojó un rendimiento menor del 29,43%. Estos datos sugieren que, aunque ambos residuos contienen compuestos fenólicos bioactivos, la piña puede ser la fuente más eficiente en términos de cantidad de compuestos extraí-



dos por unidad de peso. Seguidamente se seleccionaron una muestra de 10ml de cada extracto para llevar a cabo el análisis cromatográfico de tipo UHPLC. En este análisis, se determinaron y cuantificaron diversos compuestos fenólicos presentes en los extractos oleaginosos de las hojas de corona de piña (*Ananas comosus*) tabla 2 y cascaras de café (*Coffea arabica*) tabla 3.

En la tabla 2 se presentan los resultados observados en la identificación de compuestos fenólicos en el extracto de *Ananas comosus*, donde se detectaron 28 compuestos. Entre ellos la cafeína, ácido vanílico y ácido *p*-cumárico se encontraron en mayor concentración. El ácido rosmarínico es el polifenol con una mayor concentración (< 2,0) presente en la tabla 2 y se han destacado polifenólicos bioactivos naturales presentes en numerosas especies vegetales (Sanchez, 2018), a su vez posee propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Almonacid, 2016). En los resultados del estudio realizado por (Ramírez et al., 2019), para el ácido rosmarínico muestran valores inferiores a los obtenidos por (Muñoz et al., 2013), quienes evaluaron distintos métodos de secado y obtuvieron un promedio 20 µg mg<sup>-1</sup> (-1) en romero, lo cual, hace referencia a que esta planta es una mejor fuente para la extracción de este compuesto. Por su parte (Li et al., 2014), realizó un estudio en el cual identificó los principales polifenoles presentes en la cascara de piña donde en el cual obtuvo en mayor concentración en la cromatografía el ácido gálico, catequina, epicatequina y ácido ferúlico.

El análisis de los compuestos fenólicos en el extracto de la cascara *Coffea arabica* se reveló la presencia de varios compuestos bioactivos como xantinas (cafeína, teobromina y teofilina), catequinas y flavonoides, que son responsables de las propiedades antioxidantes y antibacterianas del extracto (Biharee et al., 2020; Wu y Brown, 2021; Górnica et al., 2019). Estos compuestos son ampliamente conocidos por su capacidad para combatir una variedad de patógenos, incluidos los microorganismos resistentes a los antibióticos. En este sentido, los resultados hasta el momento muestran el potencial de los extractos de café arábica y piña como agentes antibacterianos naturales, destacando el extracto de café por su efecto más potente. De acuerdo a los resultados observados en la tabla 5, se logra evidenciar que la cascara de *Coffea arabica* empleada en este estudio, presenta en mayor proporción los compuestos como la Cafeína, teobromina, teofilina y ácido gálico, con concentraciones de 19385 mg kg<sup>-1</sup>, 62 mg kg<sup>-1</sup>, 31 mg kg<sup>-1</sup> y 8,0 mg kg<sup>-1</sup>. Siendo el compuesto principal en la cascara, la cafeína (19385 mg/kg), refleja su acumulación característica en diferentes partes del café, particular-

mente en semillas y subproductos como la cascara. Así como en la investigación realizada por (Ballesteros et al., 2017). Se reportaron valores similares, destacando que la cascara del café puede ser una fuente rica y sostenible de cafeína. De igual manera el ácido gálico es un polifenol ampliamente estudiado por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Aunque presente en menor proporción (8,0 mg kg<sup>-1</sup>) en la cascara de *Coffea arabica*, su capacidad para neutralizar radicales libres y su sinergia con otros compuestos bioactivos lo convierten en un ingrediente potencialmente valioso. Estudios como los de (Murthy y Naidu, 2012), destacan que los ácidos fenólicos, incluidos el ácido gálico, son prominentes en subproductos del café y contribuyen significativamente a su actividad antioxidante.

### FASE 3: Análisis microbiológicos

En cuanto a la actividad antimicrobiana, los estudios microbiológicos demostraron que ambos extractos presentaron un efecto inhibidor sobre *Enterococcus faecalis*, aunque existen claras diferencias en el alcance de este efecto. La aplicación del extracto en concentraciones del 25%, 50%, 75% y 100% mostró un halo inhibidor de 0mm, 1.33mm, 1.88mm y 2.44mm del crecimiento alrededor de los discos intervertebrales impregnados con el extracto de *Ananas comosus* (figura 2). En el mismo orden secuencial de concentraciones se presentó un halo de inhibición de 1.33mm, 1.66mm, 2mm y 3.11mm para el extracto de *Coffea arabica* el cual presenta un halo significativo desde el primer tratamiento a una concentración mínima de 25%, en comparación con el extracto de piña que no presenta halo de inhibición a esa concentración. El halo fue mayor en la concentración más alta para ambos extractos, lo que indica que la actividad antimicrobiana depende de la concentración del extracto. Lo cual, corresponde con lo encontrado por (Kim et al., 2015), donde el ácido oleanólico mostró actividad antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis* a partir de concentraciones de 32 µg/mL, inhibiendo el crecimiento bacteriano. Sin embargo, dependiendo de la cepa, la concentración mínima inhibitoria (MIC) varió hasta 64 µg/mL. Este compuesto actúa dañando la membrana celular bacteriana, lo que conduce a la muerte del microorganismo. El uso de estos extractos en regiones de concentración creciente demostró una clara efectividad de una "respuesta a la dosis", donde los extractos más concentrados produjeron zonas de inhibición más grandes, lo que respalda la posibilidad de que estos extractos puedan ser efectivos como antimicrobianos para el control de *Enterococcus faecalis* bacteria muy resistente a los antibióticos (Paradella et al., 2013). Estos resultados indican que ambos extractos tienen un gran poten-

**Tabla 2.** Nivel mínimo de cuantificación (NMC=2NMD), tiempo de retención (tR) y resultados de la determinación de compuestos presentes en las hojas de piña.

Compuesto	t <sub>R</sub> , min	NMC*, mg Kg <sup>-1</sup>	Concentración en las muestras, mg kg <sup>-1</sup>
993315-01-EB			
Muestra de extracto de corona de piña <i>Ananas Comosus</i>			
Teobromina	2.3	0.1	28
Teofilina	2.5	0.1	51
Epigallocatequina (EGC)	2,6	0.1	0.5
Catequina (C)	2.7	0.1	<0.1
Epicatequina (EC)	2.9	0.1	1.7
Ácido p-hidroxibenzoico	2.9	0.1	< 0.1
Cafeína	2.8	0.1	4899
Ácido cafeico	3.7	0.1	< 0.1
Ácido vanílico	2.9	0.1	108
Epigallocatequina galato (EGCG)	3.0	0.1	<0.1
Ácido p-cumárico	3.3	0.1	193
Epicatequina galato (ECG)	3.4	0.1	<0.1
Ácido ferúlico	3.4	0.1	9.5
Quercetina	3.2	0.1	52
Ácido rosmarínico	3.7	2.0	< 2.0
Cianidina	3.5	0.1	1.0
Luteolina	4.2	0.1	0.4
Kaempferol	4.6	0.1	0.1
Ácido trans-cinámico	4.4	0.4	19
Naringenina	4.6	0.1	0.3
Apigenina	4.5	0.1	0.6
Pinocembrina	5.5	0.1	0.1
Ácido ursólico	8.4	0.1	6.9
Cianidina 3-rutinosido	2.7	0.1	< 0.1
Pelargonidinagg 3-glucósido	2.8	0.1	< 0.1
Kaempferol 3-glucósido	3.5	0.1	0.8
Rutina	3.2	0.1	21
Ácido gálico	1.9	0.1	< 0.1

Tabla 3. Nivel mínimo de cuantificación (NMC=2NMD), tiempos de retención (t<sub>R</sub>).

Compuesto	t <sub>R</sub> , min	NMC*, mg Kg <sup>-1</sup>	Concentración en las muestras, mg kg <sup>-1</sup>
993315-01-EB			
Muestra de extracto de corona de piña <i>Coffea arabica</i>			
Teobromina	2.4	0.1	62
Teofilina	2,5	0,1	31
Epigallocatequina (EGC)	2.6	0.1	< 0.1
Catequina (C)	2.7	0.1	0.4
Epicatequina (EC)	2.9	0.1	4.4
Ácido p-hidroxibenzoico	2.9	0.1	6.8
Cafeína	2.8	0.1	19365
Ácido cafeico	3.7	0.1	0.5
Ácido vanílico	2.9	0.1	72
Epigallocatequina galato (EGCG)	3.0	0.1	< 0.1
Ácido p-cumárico	3.3	0.1	3.3
Epicatequina galato (ECG)	3.3	0.1	< 0.1
Ácido ferúlico	3.4	0.1	6.9
Quercetina	3.2	0.1	4
Ácido rosmarínico	3.7	2.0	< 2.0
Cianidina	3.5	0.1	2.5
Luteolina	4.2	0.1	0.2
Kaempferol	4.6	0.1	0.2
Ácido trans-cinámico	4.8	0.4	3.2
Naringenina	4.6	0.1	0.4
Apigenina	4.5	0.1	0.1
Pinocembrina	5.5	0.1	0.5
Ácido ursólico	8.4	0.1	< 0.1
Cianidina 3-rutinosido	2.6	0.1	< 0.1
Pelargonidina 3-glucósido	3.5	0.1	4
Kaempferol 3-glucósido	3.5	0.1	1.6
Rutina	3.2	0.1	15
Ácido gálico	1.9	0.1	8.0

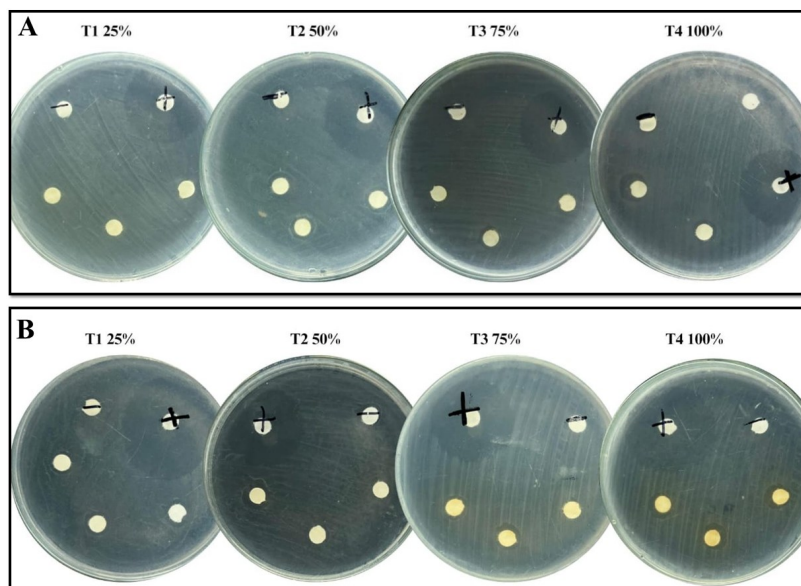


Figura 2. Resultados de la aplicación de los extractos en *Enterococcus faecalis*. A) tratamiento de *Ananas comosus* en *Enterococcus faecalis*. B) Tratamiento de *Coffea arabica*.

cial como alternativas naturales a los antimicrobianos sintéticos, especialmente a la luz de la creciente resistencia microbiana.

#### FASE 4: Análisis estadístico

En la tabla 4 se puede observar que existe variación en los tratamientos aplicados de *Ananas comosus*, con un valor de Sig. ( $<0,001$ ) es menor que 0,05, lo que confirma que la diferencia entre los grupos es estadísticamente significativa.

En la tabla 6 se puede observar que existe variación en los tratamientos aplicados de *Ananas comosus*, con un valor de Sig. ( $<0,001$ ) es menor que 0,05, lo que confirma que la diferencia entre los grupos es estadísticamente significativa.

#### Análisis Comparativo de *Ananas comosus* y *Coffea arabica*

De acuerdo con Molina (2017), el p-valor es un indicador estadístico que permite evaluar la validez de la hipótesis nula. Los resultados del análisis ANOVA presentados en la Tabla 10 muestran un valor de p inferior a 0,05, lo que sugiere que la hipótesis nula es falsa. Por lo que existen diferencias significativas entre los dos extractos.

#### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos destacan el potencial de aprovechamiento de estos subproductos agroindustriales en la obtención de extractos oleaginosos con posibles aplicaciones biotecnológicas, demostrando que los polifenoles presentes en los extractos de *Ananas comosus* y *Coffea arabica* poseen un efecto inhibitorio sobre *Enterococcus*

Tabla 4. ANOVA: Efecto inhibitorio del extracto oleaginoso de las hojas de la corona de la piña (*Ananas comosus*).

Halos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	158.32	4	39.58	66.27	$<.001$
Dentro de grupos	19.11	32	.597		
Total	177.43	36			



**Tabla 5.** ANOVA: Efecto inhibitorio del extracto oleaginoso de la cascara de café (*Coffea arabica*)

Halos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	161.42	4	40.35	76.46	<.001
Dentro de grupos	16.88	32	.528		
Total	178.31	36			

**Tabla 6.** ANOVA: Efecto inhibitorio del extracto oleaginoso de la cascara de café (*Coffea arabica*) y efecto inhibitorio del extracto oleaginoso de las hojas de la corona de la piña (*Ananas comosus*).

Halos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Halos café	Entre grupos	16.08	3	5.36	10.15	<.001
	Dentro de grupos	16.88	32	.52		
	Total	32.97	35			
Halos piña	Entre grupos	29.63	3	9.88	16.54	<.001
	Dentro de grupos	19.11	32	.59		
	Total	48.75	35			

*faecalis*, lo que sugiere su potencial aplicación en el desarrollo de productos biotecnológicos destinados al tratamiento de infecciones causadas por este microorganismo.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Francisco de Paula Santander por su valiosa colaboración.

### Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

### REFERENCIAS

- Almeida-Santos, A. C., Novais, C., Peixe, L., & Freitas, A. R. (2025). Vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*: A current perspective on resilience, adaptation, and the urgent need for novel strategies. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 41, 233–252. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2025.01.016>.
- Apaza-Apaza, R. A., Asillo-Choquehuanca, S., Padilla-Cáceres, T. C., Mamani-Cori, V., Catacora-Padilla, P. O., & Apaza-Apaza, F. D. B. (2022). Efectos del xilitol en el crecimiento bacteriano frente a *Streptococcus sanguinis*: Estudio in vitro. *Odontoestomatología*, 24 (40). <https://doi.org/10.22592/ode2022n40e226>.
- Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 3493-3503. <https://link.springer.com/article/10.1007/S11947-014-1349-Z>
- Biharee, A., Sharma, A., Kumar, A., & Jaitak, V. (2020). Antimicrobial flavonoids as a potential substitute for overcoming antimicrobial resistance. *Fitoterapia*, 146, 104720. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2020.104720>.
- Bush, L., & Vazquez, M. (2023). Infecciones por *Enterococcus*. *Manual MSD*. <https://www.msdmanuals.com/professional/infectious-diseases/gram-positive-cocci/staphylococcal-infections>.
- Cangussu, L. B., Melo, J. C., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2021). Chemical characterization of coffee husks, a by-product of *Coffea arabica* production. *Foods*, 10 (12), 3125. <https://doi.org/10.3390/foods10123125>.
- Elles, N. E. (2010). Validación de la técnica de recuento de coliformes totales y *E. coli* por el método filtración de membrana en el laboratorio de control de calidad de aguas de Cartagena S.A. E.S.P. <https://doi.org/10.22519/21455333.61>
- Gómez Castañeda, M. O., Núñez Sánchez, L. M., Valenzuela Bravo, J., Duarte Muñoz, M., & Gáfaró, D. E. (2023). Evaluación fisicoquímica del aceite obtenido de la borra de café (*Coffea arabica*) empleando dife-

- rentes métodos de extracción para su potencial uso en la producción de biodiesel. *CITECSA*, 15(25), 21–27. <https://unipaz.edu.co/revistas/revcitecsa/article/view/345>
- Górniak, I., Bartoszewski, R., & Króliczewski, J. (2019). Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochemistry Reviews*, 18, 241–272. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11101-018-9591-z>
- Johny, V., Kuriakose Mani, A., Palanisamy, S., Rajan, V. K., Palaniappan, M., & Santulli, C. (2023). Extraction and physico-chemical characterization of pineapple crown leaf fibers (PCLF). *Fibers*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.3390/fib11010005>
- Kim, S., Lee, H., Lee, S., Yoon, Y., & Choi, K. H. (2015). Antimicrobial action of oleanolic acid on *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecium*, and *Enterococcus faecalis*. *PLOS ONE*, 10(3), e0118800. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118800>
- Kuete, V., Ngameni, B., Simo, C. C. F., Tankeu, R. K., Ngadjui, B. T., Meyer, J. J. M., Lall, N., & Kuiate, J. R. (2006). Actividad antimicrobiana de los extractos crudos y compuestos de *Ficus chlamydocarpa* y *Ficus cordata* (Moraceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 120, 17–24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2008.07.026>
- Li, L., Xu, X., Cheng, P., Yu, Z., Li, M., Yu, Z., ... & Song, X. (2025). *Klebsiella pneumoniae*-derived outer membrane vesicles mediated bacterial virulence, antibiotic resistance, host immune responses and clinical applications. *Virulence*, 16(1), 2449722. <https://doi.org/10.1080/21505594.2025.2449722>
- Paradella, T. C., Koga Ito, C. Y., & Jorge, A. O. C. (2013). *Enterococcus faecalis*: Considerações clínicas e microbiológicas. *Revista de Odontologia da UNESP*, 36(2), 163–168. <https://pesquisa.bvsalud.org/porta/resource/pt/lil-529270>
- Sánchez-Tito, M. A., & Collatupa, J. L. C. (2021). Actividad antibacteriana de un extracto etanólico de propóleo peruano frente a *Streptococcus mutans*. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 40(3). <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/1121/1048>
- Singaravelu, S., Sankarapillai, J., Sasidharn Chandrakumari, A., & Sinha, P. (2019). Efecto de las concentraciones de extracto de corteza de *Azadirachta indica* contra patógenos bacterianos grampositivos y gramnegativos. *Journal of Pharmacology and Bioallied Sciences*, 11(1), 33–37. <https://revodontolunesp.com.br/journal/rou/article/588018097f8c9d0a098b4a37>
- Vega, N. A., Salazar, S. A., Bautista, L. T., & Muñoz, G. E. (2020). Evaluación del efecto inhibitor de la enzima polifenol oxidasa en una salsa de aguacate (*Persea americana*). *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 58–62. <https://doi.org/10.31908/19098367.0007>
- Vega Contreras, NA y Torres Salazar, ML (2021). Evaluación de compuestos fenólicos de (*Citrus sinensis*) y su capacidad antioxidante. *Ciencia en Desarrollo*, 12 (2), 109–117. <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.11635>
- Vega, N. A., Villada Castillo, D. C., & Becerra Moreno, D. (2024). Antimicrobial effect of polyphenolic extracts present in *Ananas comosus*. *Ingeniería Y Competitividad*, 26(2), e–20914003. <https://doi.org/10.25100/iyv.v26i2.14003>
- Wu, M., & Brown, A. C. (2021). Applications of catechins in the treatment of bacterial infections. *Pathogens*, 10(5), 546. <https://doi.org/10.3390/pathogens10050546>