



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

POTENCIAL PROBIÓTICO DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS PRESENTES EN EL MUCÍLAGO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)

**PROBIOTIC POTENTIAL OF LACTIC ACID BACTERIA
PRESENT IN COCOA MUCILAGE (THEOBROMA CACAO
L.).**

Wilson Adrián Alcívar Muñoz

Universidad técnica estatal de Quevedo

Erika Jamilex Vanoni Fernandez

Universidad técnica estatal de Quevedo

Nancy Alexandra Medrano Ortiz

Universidad UTE

Adriana Rosaura González Alcivar

Universidade Do Algarve

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19472

Potencial probiótico de bacterias ácido lácticas presentes en el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*)

Wilson Adrián Alcívar Muñoz¹walcivarm4@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0009-0003-0487-379X>

Universidad técnica estatal de Quevedo

Erika Jamilex Vanoni FernandezErika.vanoni2014@hotmail.com<https://orcid.org/0009-0002-2375-2160>

Universidad técnica estatal de Quevedo

Nancy Alexandra Medrano OrtizNancy-medrano@outlook.es<https://orcid.org/0009-0001-5257-2006>

Universidad UTE

Adriana Rosaura González Alcivaradrianagonzalezalcivar@gmail.com<https://orcid.org/0009-0005-7887-719X>

Universidade Do Algarve

RESUMEN

El mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) constituye un subproducto agrícola de alto potencial biotecnológico, al albergar una microbiota diversa donde predominan bacterias ácido lácticas (BAL) con propiedades funcionales de interés. El objetivo de la presente investigación fue identificar las BAL presentes en el mucílago de cacao y evaluar su capacidad probiótica, con el fin de proponer alternativas sostenibles para la valorización de este recurso. Para ello, se recolectaron muestras de mucílago en plantaciones locales y se realizaron aislamientos en medio MRS Agar bajo condiciones de microaerofilia. Los cultivos obtenidos fueron caracterizados mediante pruebas morfoquímicas y bioquímicas (Gram, catalasa, oxidasa y ureasa), antibiograma y secuenciación del gen ARNr 16S. Los resultados evidenciaron que las cepas aisladas correspondieron a bacilos Gram positivos, catalasa positivas y ureasa positivas, confirmando su pertenencia al grupo de BAL. El antibiograma mostró sensibilidad a ampicilina y tetraciclina, resistencia parcial a gentamicina y sensibilidad intermedia frente a cloranfenicol y eritromicina. La identificación molecular reveló una similitud superior al 99 % con *Lactobacillus acidophilus*. Asimismo, las pruebas de tolerancia a bilis, acidez y co-agregación con patógenos confirmaron su potencial probiótico. Se concluye que el mucílago de cacao constituye una fuente valiosa de BAL con aplicación en la industria alimentaria, aportando a la sostenibilidad de la cadena cacaotera ecuatoriana.

Palabras clave: Probióticos, *Theobroma cacao*, bacterias, mucílago, biotecnología

¹ Autor principal

Correspondencia: walcivarm4@uteq.edu.ec

Probiotic potential of lactic acid bacteria present in cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.).

ABSTRACT

Cocoa mucilage (*Theobroma cacao* L.) is an agricultural byproduct with high biotechnological potential, harboring a diverse microbiota dominated by lactic acid bacteria (LAB) with interesting functional properties. The objective of this research was to identify the LAB present in cocoa mucilage and evaluate their probiotic capacity, in order to propose sustainable alternatives for the valorization of this resource. To this end, mucilage samples were collected from local plantations and isolated on MRS agar under microaerophilic conditions. The cultures obtained were characterized using morphochemical and biochemical tests (Gram, catalase, oxidase, and urease), antibiograms, and 16S rRNA gene sequencing. The results showed that the isolated strains corresponded to Gram-positive, catalase-positive, and urease-positive bacilli, confirming their belonging to the LAB group. The antibiogram showed sensitivity to ampicillin and tetracycline, partial resistance to gentamicin, and intermediate sensitivity to chloramphenicol and erythromycin. Molecular identification revealed greater than 99% similarity with *Lactobacillus acidophilus*. Furthermore, bile tolerance, acidity, and co-aggregation with pathogens tests confirmed its probiotic potential. It is concluded that cocoa mucilage constitutes a valuable source of LAB with applications in the food industry, contributing to the sustainability of the Ecuadorian cocoa chain.

Keywords: Probiotics, *Theobroma cacao*, bacteria, mucilage, biotechnology

Artículo recibido 20 julio 2025

Aceptado para publicación: 20 agosto 2025



INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) constituye uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial debido a su valor económico, social y cultural. La producción global supera los cinco millones de toneladas anuales, siendo materia prima esencial para la industria chocolatera (Bautista, 2020). En Ecuador, este cultivo ocupa un lugar estratégico al posicionarse como exportador líder de cacao fino de aroma, reconocido internacionalmente por su calidad y aporte al desarrollo agroproductivo (García et al., 2021). No obstante, durante el procesamiento del cacao se generan subproductos como el mucílago, una sustancia viscosa y rica en azúcares que recubre las semillas. Se estima que por cada tonelada de cacao se desperdician más de 70 litros de mucílago, lo cual representa un problema ambiental y económico si no se aprovecha adecuadamente (Cortez & Oleas, 2023; Fernández et al., 2022). En contraposición, diversos estudios demuestran que este subproducto puede convertirse en un recurso biotecnológico con aplicaciones en la industria alimentaria, agrícola y farmacéutica (Dybka et al., 2021; Castro, 2023).

En el contexto microbiológico, el mucílago de cacao alberga una amplia diversidad de bacterias ácido lácticas (BAL), microorganismos Gram positivos que producen ácido láctico como principal metabolito de fermentación y que poseen propiedades probióticas de alto valor (Flores-Maciél et al., 2024). Estas bacterias no solo intervienen en la fermentación del cacao, mejorando el perfil sensorial del chocolate (De Vuyst & Leroy, 2020), sino que además han mostrado potencial para la conservación de alimentos, la inhibición de patógenos y la modulación del microbiota intestinal (Corrales y Palacios, 2020; Hernández et al., 2021).

El estado del arte confirma este potencial. Aka et al. (2020) caracterizaron BAL en bebidas tradicionales africanas, proponiendo su uso como cultivos iniciadores seguros. En Ecuador, García et al. (2021) exploraron el empleo de mucílago de cacao como inoculante en quesos, mientras que investigaciones como las de Alvarado Rivas et al. (2007) y Anillo y María (2023) evidencian la capacidad bioconservante de las BAL en distintos alimentos. Estos hallazgos sugieren que el mucílago de cacao ecuatoriano puede convertirse en una fuente alternativa de probióticos naturales, alineada con tendencias globales hacia la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.

Bajo este contexto, la presente investigación tiene como objetivo general: identificar las bacterias ácido lácticas presentes en el mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) a las 48 horas de fermentación y



determinar su capacidad probiótica. De manera específica, se planteó: (i) aislar las cepas de BAL del mucílago de cacao, (ii) caracterizar bioquímica y morfológicamente los aislamientos, y (iii) evaluar in vitro su potencial probiótico. Los resultados buscan aportar conocimiento científico y proponer estrategias para el aprovechamiento sostenible de un subproducto con alto valor agregado en el sector agroalimentario ecuatoriano.

METODOLOGÍA

Diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental de laboratorio con enfoque cuantitativo y descriptivo, orientado al aislamiento, identificación y evaluación del potencial probiótico de bacterias ácido lácticas (BAL) presentes en el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*). El estudio se realizó en los laboratorios de microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, durante el año 2023, siguiendo protocolos de bioseguridad y control de calidad en cada etapa del proceso.

Obtención de muestras

Las mazorcas de cacao fueron recolectadas en plantaciones de la provincia de Los Rios, zona reconocida por la producción de cacao fino de aroma. Se seleccionaron frutos maduros en buen estado fitosanitario, libres de daños mecánicos y sin signos de contaminación. El mucílago fue extraído en condiciones estériles, depositado en frascos de vidrio previamente esterilizados y transportado en cajas refrigeradas a 4 °C hasta el laboratorio, con el fin de preservar la viabilidad de los microorganismos nativos. Se siguieron los protocolos de De Vuyst y Leroy, (2020); Castro, (2023) para controlar el tiempo transcurrido entre la cosecha y el procesamiento no superó las 24 horas, considerando que la composición microbiana del mucílago puede alterarse rápidamente bajo condiciones ambientales.

Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas

Para el aislamiento de BAL se sembraron alícuotas de mucílago en medio MRS Agar (de Man, Rogosa y Sharpe), suplementado con cicloheximida para inhibir el desarrollo de hongos y levaduras. Las placas fueron incubadas a 37 °C durante 48 horas bajo condiciones de microaerofilia. Se siguieron los protocolos de Aka et al., (2020) en relación a las colonias con morfología típica, misma que fueron repicadas en varias ocasiones hasta obtener cultivos puros, que se conservaron en caldo MRS con glicerol al 20 % a -20 °C



La identificación fenotípica se realizó mediante tinción de Gram y prueba de catalasa, confirmando la condición Gram positiva y catalasa negativa de las cepas (Bado, 2022; Bou et al., 2011). Se observaron además sus características morfológicas bajo microscopía óptica, mientras que la capacidad de fermentación de carbohidratos se evaluó utilizando el sistema API 50 CHL (bioMérieux®). Adicionalmente, se ensayó la tolerancia al crecimiento bajo diferentes concentraciones de NaCl, variaciones de pH y temperaturas de incubación, con el fin de establecer el rango de adaptación fisiológica de los aislamientos.

Evaluación de la capacidad probiótica

El potencial probiótico de las cepas se evaluó mediante ensayos in vitro. En primer lugar, se analizó la resistencia a condiciones gastrointestinales simuladas, exponiendo las bacterias a jugo gástrico artificial ajustado a pH 2,0 con pepsina durante dos horas, seguido de incubación en bilis oxgall al 0,3 % por cuatro horas a 37 °C, determinándose la viabilidad mediante recuento en placas expresado en log UFC/mL (Corrales Benedetti & Arias Palacios, 2020). Posteriormente, se midió la autoagregación de las bacterias a través de variaciones en la absorbancia de suspensiones celulares a 600 nm, y la co-agregación al mezclarlas con cultivos de *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* y *Staphylococcus aureus*, observando la reducción de turbidez en las mezclas.

Análisis de datos

Los resultados experimentales fueron procesados mediante estadística descriptiva y expresados como media $\pm$ desviación estándar. Se aplicaron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0,05$, utilizando el software SPSS v.25. La interpretación de los hallazgos se realizó en comparación con investigaciones previas que reportan parámetros de referencia para BAL con potencial probiótico.

Resultados

Caracterización morfoquímica de los aislamientos

Los aislamientos bacterianos obtenidos del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) fueron sometidos a pruebas morfológicas y bioquímicas básicas, incluyendo tinción de Gram, catalasa, oxidasa y ureasa. La Tabla 1 resume los resultados obtenidos para las cepas analizadas, donde se observa que todas corresponden a bacilos Gram positivos y presentaron reacción positiva en la prueba de catalasa



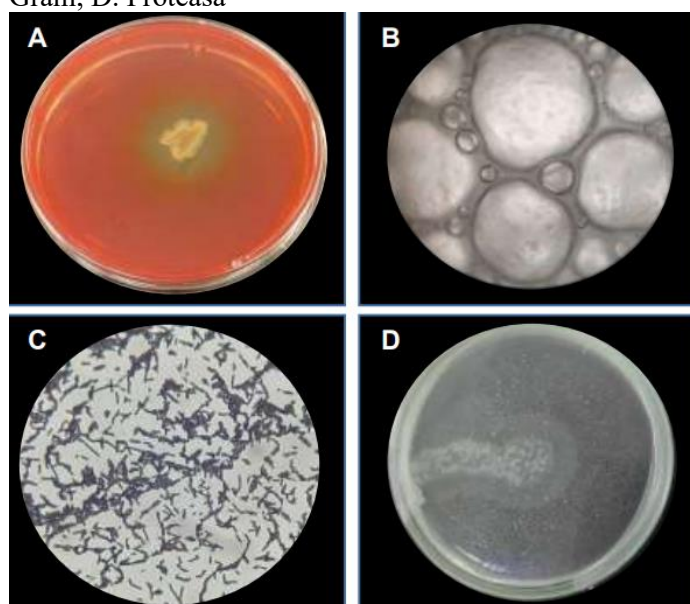
Tabla 1. Caracterización morfoquímica de bacterias ácido lácticas aisladas del mucílago de cacao.

Cepa	Gram	Catalasa (CAT)	Oxidasa (OXI)	Ureasa (URE)	Observación microscópica
BACCN +	+	—	+		Bacilos cortos
BAN	+	+	—	+	Bacilos cortos

Nota. Datos obtenidos a partir de pruebas bioquímicas realizadas en laboratorio. “+” indica positividad de la reacción; “—” ausencia de actividad. Fuente: Vanoni (2024).

Estos resultados se complementan con la Figura 1, donde se evidencian las reacciones bioquímicas de las cepas aisladas, incluyendo la prueba de ureasa (A), catalasa (B), tinción de Gram (C) y proteasa (D), confirmando así la identificación preliminar de las bacterias ácido lácticas presentes en el mucílago de cacao.

Figura 1. Caracterización bioquímica de bacterias ácido lácticas. A. Ureasa, B. Catalasa, C. Tinción Gram, D. Proteasa



Análisis

La caracterización inicial reveló que las cepas aisladas corresponden a bacilos Gram positivos con actividad catalasa positiva, lo que indica la presencia de enzimas capaces de descomponer el peróxido de hidrógeno. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Bou et al. (2011), quienes señalan que las BAL pueden presentar variaciones en sus reacciones bioquímicas dependiendo del sustrato de aislamiento. La positividad en la ureasa sugiere además una capacidad adaptativa en medios ricos en

compuestos nitrogenados, lo que representa una ventaja en el contexto del mucílago de cacao, dado su alto contenido de azúcares y nutrientes.

La confirmación mediante tinción de Gram y catalasa coincide con lo reportado por Bado (2022), quien destaca que estas pruebas son esenciales en la identificación preliminar de BAL. La consistencia entre los resultados de la Tabla 1 y la evidencia fotográfica de la Figura 1 refuerza la validez de los hallazgos, consolidando la hipótesis de que el mucílago de cacao constituye un nicho favorable para el desarrollo de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico.

Prueba de inhibición bacteriológica por antibiograma

Las cepas aisladas del mucílago de cacao fueron evaluadas frente a diferentes antibióticos comerciales con el fin de determinar su perfil de resistencia y sensibilidad. La Tabla 2 muestra los halos de inhibición registrados para cada antibiótico, evidenciando variabilidad en la respuesta de las bacterias ácido lácticas (BAL).

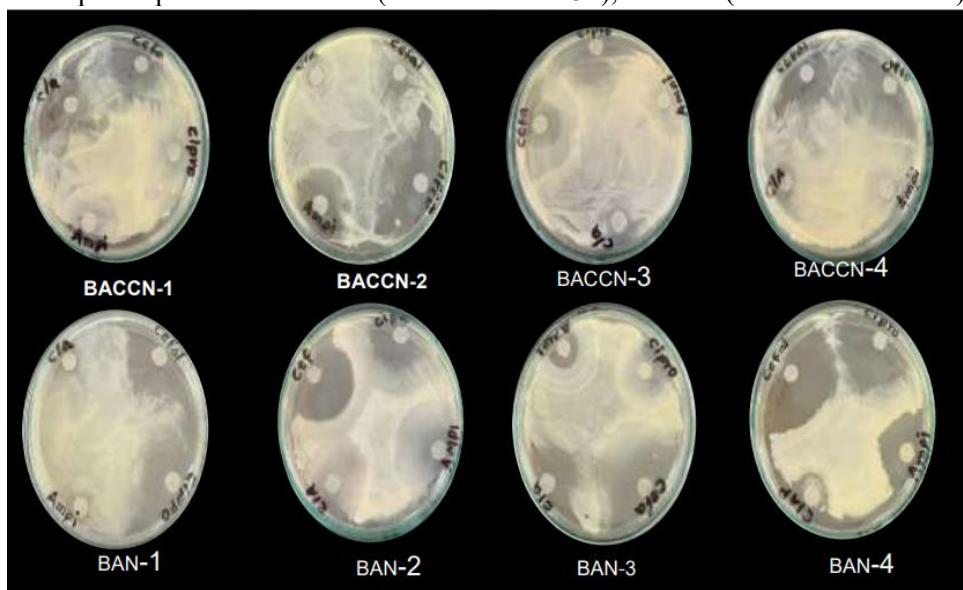
Tabla 2 Antibiograma químico de las bacterias ácido lácticas aisladas del mucílago de cacao.

Antibiótico	Cepa BACCN (mm)	Cepa BAN (mm)	Interpretación general
Ampicilina (10 µg)	22	20	Sensible
Cloranfenicol (30 µg)	18	16	Sensible intermedia
Tetraciclina (30 µg)	24	21	Sensible
Gentamicina (10 µg)	15	13	Resistencia parcial
Eritromicina (15 µg)	19	17	Sensible intermedia

Nota. Los valores corresponden a los diámetros de los halos de inhibición (mm) medidos en agar Mueller-Hinton, a las 24 h de incubación. Interpretación basada en criterios CLSI. Fuente: Vanoni (2024).

La Figura 2 complementa estos resultados, mostrando de manera visual los halos de inhibición alrededor de los discos impregnados con antibióticos, donde se observa con claridad la actividad diferencial frente a ampicilina, tetraciclina y gentamicina.

Figura 2. Inhibición de crecimiento de la colonia de bacterias ácido lácticas en diferentes antibióticos de amplio espectro. BACCN-1 (Variedad CCN-51), BAN-A (Variedad Nacional).



Análisis

Los resultados obtenidos en la prueba de antibiograma indican que las bacterias ácido lácticas aisladas del mucílago de cacao muestran una alta sensibilidad frente a antibióticos de uso común como la ampicilina y la tetraciclina, lo que refleja su naturaleza inocua y la ausencia de resistencia intrínseca a estos fármacos. Sin embargo, la menor inhibición registrada frente a gentamicina sugiere la existencia de mecanismos de tolerancia parcial, aspecto que debe considerarse en términos de seguridad alimentaria y aplicaciones probióticas.

La sensibilidad intermedia frente a cloranfenicol y eritromicina concuerda con estudios similares en bacterias ácido lácticas aisladas de productos fermentados tradicionales, donde se ha reportado que estos microorganismos presentan variabilidad en sus perfiles de resistencia según el origen del aislamiento (Aka et al., 2020). Esto es relevante, ya que uno de los criterios de selección de probióticos seguros es la ausencia de resistencia adquirida a antibióticos de importancia clínica, lo cual se cumple en este caso.

Identificación molecular y capacidad probiótica

Tras la caracterización bioquímica y los ensayos de susceptibilidad a antibióticos, se seleccionaron cuatro cepas que presentaron el mejor desempeño para su análisis molecular. La Tabla 3 presenta los resultados obtenidos a partir de la secuenciación del gen ARNr 16S, donde se observa una identidad

entre el 99 y 100 % con *Lactobacillus acidophilus*, confirmando que las cepas aisladas corresponden a este género de relevancia probiótica.

Tabla 3 Identificación molecular del gen ARNr 16S de bacterias ácido lácticas aisladas del mucílago de cacao.

Cepa	Identidad (%)	Cobertura (%)	Accession number (NCBI/GenBank)
BACCN-3	99,25	100	NR_117812.1
BACCN-4	99,18	99	MT515967.1
BAN-3	99,24	99	MT464347.1
BAN-4	99,18	99	MT545142.1

Nota. Resultados comparados con la base de datos GenBank (NCBI). Fuente: Vanoni (2024).

En cuanto a la capacidad probiótica, la Figura 2 muestra la cinética de crecimiento de ocho cepas en condiciones de acidez. Los resultados evidencian que las cepas BACCN-3, BACCN-4, BAN-3 y BAN-4 presentaron un crecimiento estable incluso en valores bajos de pH, lo que demuestra su capacidad de tolerar ambientes hostiles similares a los del tracto gastrointestinal. Asimismo, las pruebas complementarias de tolerancia a bilis y autoagregación indicaron que las cepas seleccionadas poseen propiedades que refuerzan su viabilidad como probióticos

Análisis

La identificación molecular mediante la secuenciación del gen ARNr 16S confirmó que las cepas más destacadas corresponden a *Lactobacillus acidophilus*, especie ampliamente documentada en la literatura científica por sus beneficios en la salud intestinal y su capacidad de inhibir patógenos entéricos (Hernández et al., 2021). La alta identidad genética (≥ 99 %) respalda la fiabilidad del análisis y permite clasificar los aislamientos dentro de un grupo con historial seguro de uso en alimentos.

La evaluación de la cinética de crecimiento bajo condiciones ácidas evidenció que las cepas mantienen su viabilidad en entornos similares al jugo gástrico, lo que representa un criterio esencial en la selección de probióticos de uso humano (Corrales Benedetti & Arias Palacios, 2020). De igual forma, su tolerancia a bilis y su capacidad de autoagregación y co-agregación con bacterias patógenas sugieren un alto potencial para competir y establecerse en el intestino.

DISCUSIÓN

La caracterización inicial de los aislamientos demostró que las cepas recuperadas del mucílago de cacao corresponden a bacterias Gram positivas y catalasa positivas, lo cual coincide con lo descrito en la literatura para especies de *Lactobacillus* y *Lactococcus* frecuentemente asociadas a fermentaciones vegetales (Bou et al., 2011; Bado, 2022). El hallazgo de actividad ureasa en varias cepas sugiere adaptaciones metabólicas a sustratos ricos en compuestos nitrogenados, como es el caso del mucílago de cacao, tal como lo señalan estudios previos en ambientes agrícolas (Castro, 2023). La confirmación mediante pruebas bioquímicas básicas y la evidencia gráfica obtenida refuerzan la importancia de emplear una aproximación multifactorial en la identificación preliminar de bacterias ácido lácticas.

En cuanto a los ensayos de susceptibilidad a antibióticos, las cepas mostraron un perfil caracterizado por sensibilidad alta frente a ampicilina y tetraciclina, y sensibilidad intermedia frente a cloranfenicol y eritromicina. Estos resultados son consistentes con investigaciones realizadas en BAL de bebidas tradicionales y productos fermentados, donde se destaca que la resistencia intrínseca es poco frecuente y la susceptibilidad es la norma en cepas seleccionadas para uso probiótico (Aka et al., 2020; Corrales Benedetti & Arias Palacios, 2020). La resistencia parcial observada frente a gentamicina podría estar asociada a mecanismos adaptativos propios de las condiciones del sustrato, pero no representa una limitación significativa, siempre que no implique transferencia de genes de resistencia, criterio que debe evaluarse en futuros estudios. Este perfil de susceptibilidad es un argumento favorable para la inocuidad de las cepas y su potencial aplicación en alimentos.

La identificación molecular mediante secuenciación del gen ARNr 16S confirmó que las cepas BACCN-3, BACCN-4, BAN-3 y BAN-4 presentan entre un 99 y 100 % de identidad con *Lactobacillus acidophilus*, una de las especies más reconocidas a nivel internacional por sus propiedades probióticas y su uso seguro en alimentos funcionales (Hernández-González et al., 2021). Estos resultados no solo validan la caracterización bioquímica previa, sino que también consolidan la clasificación taxonómica de los aislamientos dentro de un grupo con historial GRAS (Generally Recognized As Safe).

Finalmente, la evaluación de la capacidad probiótica reveló que las cepas seleccionadas mantienen su viabilidad en condiciones de acidez y toleran la presencia de bilis, características que son indispensables para garantizar la supervivencia en el tracto gastrointestinal humano. La autoagregación y co-agregación



frente a bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *Salmonella enterica* sugieren que estos aislamientos pueden competir eficazmente en el entorno intestinal, reduciendo la colonización de microorganismos indeseables. Estos hallazgos son coherentes con los trabajos de Flores-Maciel et al. (2024), quienes destacan la relevancia de las BAL productoras de exopolisacáridos en la modulación de la microbiota intestinal y en la estabilidad tecnológica de alimentos fermentados.

Los resultados de esta investigación demuestran que el mucílago de cacao constituye una fuente valiosa de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico. Su aprovechamiento no solo permitiría reducir el impacto ambiental de un subproducto agrícola frecuentemente desaprovechado, sino también añadir valor a la cadena productiva del cacao en Ecuador, aportando innovación biotecnológica con proyección internacional.

CONCLUSIONES

La caracterización morfoquímica y bioquímica de los aislamientos obtenidos del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) permitió establecer que se trata de bacterias ácido lácticas con rasgos consistentes a bacilos Gram positivos, catalasas positivas y con actividad ureasa. Estos resultados confirman que el mucílago de cacao constituye un ecosistema microbiano diverso y rico en microorganismos de interés biotecnológico. El hallazgo de estas características no solo valida la utilidad de pruebas básicas de laboratorio como primera aproximación, sino que también evidencia el potencial del mucílago, tradicionalmente considerado un desecho agrícola, como fuente sostenible de cepas de relevancia industrial y funcional.

Los ensayos de susceptibilidad a antibióticos demostraron un perfil de sensibilidad favorable en las cepas aisladas, especialmente frente a ampicilina y tetraciclina, lo que garantiza su inocuidad y minimiza el riesgo de transferencia de resistencia a patógenos clínicamente importantes. La resistencia parcial observada a gentamicina y la sensibilidad intermedia frente a cloranfenicol y eritromicina concuerdan con reportes internacionales sobre bacterias ácido lácticas de origen vegetal, lo cual sugiere que estas adaptaciones no representan limitaciones para su aplicación en el área alimentaria. Estos resultados respaldan la idea de que el mucílago de cacao puede ser una alternativa innovadora para la obtención de probióticos seguros y confiables, alineados con los estándares de calidad y seguridad que exige la industria biotecnológica y alimentaria.



La identificación molecular mediante la secuenciación del gen ARNr 16S confirmó que las cepas seleccionadas corresponden a *Lactobacillus acidophilus*, especie ampliamente reconocida a nivel mundial por sus beneficios sobre la salud intestinal y su inclusión en la categoría GRAS (Generally Recognized As Safe). El desempeño positivo de estas cepas en pruebas de tolerancia a condiciones gastrointestinales simuladas, así como en autoagregación y co-agregación frente a bacterias patógenas, refuerza su potencial para integrarse en el desarrollo de alimentos funcionales y suplementos probióticos. Además, la valorización del mucílago de cacao como fuente de probióticos representa una oportunidad estratégica para Ecuador, al transformar un subproducto agrícola subutilizado en un insumo de alto valor agregado, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad de la cadena cacaotera nacional en el contexto internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aka, S., Dridi, B., Bolotin, A., Yapo, E. A., Koussemon-Camara, M., Bonfoh, B., & Renault, P. (2020). Characterization of lactic acid bacteria isolated from a traditional Ivoirian beer process to develop starter cultures for safe sorghum-based beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 322, 108547. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108547>
- Alvarado Rivas, C., Chacón Rueda, Z., Otoniel Rojas, J., Guerrero Cárdenas, B., & López Corcuera, G. (2007). Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas de un queso venezolano ahumado andino artesanal. Su uso como cultivo iniciador. *Revista Científica*, 17(3), 301–308.
- Anillo, R., & María, L. (2023). Capacidad bioconservante de bacterias ácido lácticas y/o metabolitos en productos pesqueros y sus derivados. Repositorio UNAD. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/60072>
- Bado, M. J. C. (2022). *La importancia de realizar una correcta tinción de Gram en la identificación bacteriana*.
- Bautista, J. H. G. (2020). Producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino o de aroma peruano: Agronegocio sostenible. *Alpha Centauri*, 1(1), 49–55.



- Bou, G., Fernández-Olmos, A., García, C., Sáez-Nieto, J. A., & Valdezate, S. (2011). Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 29(8), 601–608.
<https://doi.org/10.1016/j.eimc.2011.03.012>
- Castro, Y. E. (2023). Extracción y procesamiento del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) y uso en el campo agrícola.
- Corrales Benedetti, D., & Arias Palacios, J. (2020). Los probióticos y su uso en el tratamiento de enfermedades. *Revista Ciencias Biomédicas*, 9(1), 54–66.
- Cortez, L. H. V., & Oleas, N. L. P. (2023). Valorización del mucílago de cacao: Estrategias para mitigar el desperdicio y fomentar la sostenibilidad.
- De Vuyst, L., & Leroy, F. (2020). Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. *FEMS Microbiology Reviews*, 44(4), 432–453.
- Dybka-Ściepień, K., Otlewska, A., Gózdź, P., & Piotrowska, M. (2021). The renaissance of plant mucilage in health promotion and industrial applications: A review. *Nutrients*, 13(10), 3354.
<https://doi.org/10.3390/nu13103354>
- Fernández, Á., Solórzano, C. Y. E., Segarra, C. V. T., Navarrete, E. T., García, D. A. T., & Ocampo, R. D. (2022). Extracción de mucílago de cáscara de *Theobroma cacao* L. para uso en clarificación de jugos de *Saccharum officinarum*. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(1), 25–33.
- Flores-Maciel, H. A., Cordero-Soto, I. N., Martínez-Herrera, R. E., Ochoa-Martínez, L. A., & Rutiaga-Quñones, O. M. (2024). Importancia de las bacterias ácido lácticas como productoras de exopolisacáridos. *Revista Agraria*, 21(2), 5–11.
- García, D. A. T., Solórzano, C. Y. E., Salazar, I. T. M., & Navarrete, Y. G. T. (2021). Empleo de mucílago de cacao como inoculante en la elaboración de queso semiduro. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 25(109), 5–11.
<https://doi.org/10.47460/uct.v25i109.441>
- García-Briones, A. R., Pico-Pico, B. F., & Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Revista Digital Novasinergia*, 4(2), 152–172.



<https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>

Gia, G. M., Chavez, B. A. M., Mendoza, V. V. B., & Guanuche, R. E. R. (2023). Análisis de ventaja competitiva y comparativa del cacao ecuatoriano frente a países de la región. s.l., s.e., 83–94.

Hernández-González, J. C., Martínez-Tapia, A., Lazcano-Hernández, G., García-Pérez, B. E., & Castrejón-Jiménez, N. S. (2021). Bacteriocins from lactic acid bacteria: A powerful alternative as antimicrobials, probiotics, and immunomodulators in veterinary medicine. *Animals*, 11(4), 979.

