

Artículo de Revisión

Aislamiento y selección de levaduras autóctonas productoras de etanol a partir de jugo de caña fermentado artesanalmente: una revisión bibliográfica

Isolation and Selection of Indigenous Yeasts Producing Ethanol from Artisanally Fermented Sugarcane Juice: A Bibliographic Review

Isolamento e Seleção de Leveduras Autóctones Produtoras de Etanol a partir de Suco de Cana Fermentado Artesanalmente: Uma Revisão Bibliográfica



Denis Viterbo Moncayo-Palchisaca¹  

¹ Investigador Independiente, Macas, Ecuador

Recibido: 2025-10-01 / **Aceptado:** 2025-11-15 / **Publicado:** 2025-12-05

RESUMEN

La producción artesanal de etanol constituye una actividad económica ampliamente difundida en Ecuador, donde la caña de azúcar representa la principal materia prima. Sin embargo, el predominio de conocimientos empíricos y de procesos poco tecnificados ha generado limitaciones significativas tanto para los pequeños productores como para la industria. En particular, la fermentación espontánea se presenta como el principal problema, debido a la participación desordenada de una gran diversidad microbiana que conduce a la formación de metabolitos distintos al etanol. Esto no solo reduce el rendimiento productivo, sino que también altera las características sensoriales del producto final, impidiendo obtener un etanol con propiedades organolépticas estables. Ante esta problemática, el presente trabajo corresponde a una revisión bibliográfica orientada al aislamiento y selección de levaduras autóctonas productoras de etanol a partir de jugo de caña fermentado artesanalmente. El propósito es analizar las principales técnicas de aislamiento descritas en la literatura, con el fin de establecer un punto de partida para la posterior selección de cepas nativas capaces de producir etanol de manera más eficiente y con mayor estabilidad tecnológica.

Palabras clave: etanol, aislamiento de levaduras, *Saccharomyces sp.*, fermentación artesanal, jugo de caña

ABSTRACT

The artisanal production of ethanol is a widely practiced economic activity in Ecuador, where sugarcane is the main raw material. However, the predominance of empirical knowledge and low-technological processes has generated significant limitations for both small producers and the industry. In particular, spontaneous fermentation emerges as the main challenge, due to the uncontrolled participation of a diverse microbial community that leads to the formation of metabolites other than ethanol. This not only reduces ethanol yield but also alters the sensory characteristics of the final product, preventing the production of ethanol with stable organoleptic properties. In this context, the present study is a literature review focused on the isolation and selection of autochthonous yeasts producing ethanol from artisanally fermented sugarcane juice. The purpose is to analyze the main isolation techniques described in the literature, providing a starting point for the subsequent selection of native strains capable of producing ethanol more efficiently and with greater technological stability.

keywords: ethanol, yeast isolation, *Saccharomyces sp.*, artisanal fermentation, cane juice

RESUMO

A produção artesanal de etanol constitui uma atividade econômica amplamente difundida no Equador, onde a cana-de-açúcar representa a principal matéria-prima. No entanto, a predominância de conhecimentos empíricos e de processos

pouco tecnologizados tem gerado limitações significativas tanto para os pequenos produtores quanto para a indústria. Em particular, a fermentação espontânea se apresenta como o principal problema, devido à participação desordenada de uma grande diversidade microbiana que conduz à formação de metabólitos diferentes do etanol. Isso não apenas reduz o rendimento produtivo, mas também altera as características sensoriais do produto final, impedindo a obtenção de um etanol com propriedades organolépticas estáveis. Diante dessa problemática, o presente trabalho corresponde a uma revisão bibliográfica voltada para o isolamento e seleção de leveduras autóctones produtoras de etanol a partir do caldo de cana fermentado artesanalmente. O objetivo é analisar as principais técnicas de isolamento descritas na literatura, a fim de estabelecer um ponto de partida para a posterior seleção de cepas nativas capazes de produzir etanol de maneira mais eficiente e com maior estabilidade tecnológica.

palavras-chave: etanol, isolamento de leveduras, *Saccharomyces sp.*, fermentação artesanal, caldo de cana

Forma sugerida de citar (APA):

Moncayo-Palchisaca, D. V. (2025). Aislamiento y selección de levaduras autóctonas productoras de etanol a partir de jugo de caña fermentado artesanalmente: una revisión bibliográfica. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 2(4), 601-608. <https://doi.org/10.63415/saga.v2i4.318>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

El etanol puede producirse a partir del jugo de caña de azúcar mediante la acción de diferentes levaduras. Desde hace siglos, las más utilizadas pertenecen al género *Saccharomyces sp.*, debido a su capacidad de transformar rápidamente los azúcares en etanol, además de su amplia aceptación en procesos industriales (BNDES y CGEE, 2008; Ingram y Buttke, 1985).

No obstante, como señalan Santoro y Casciotti (2011), aunque el proceso de producción de etanol a base de caña de azúcar está bien definido, se requieren mejoras, ya que este no ocurre en condiciones estériles y se tolera cierto nivel de contaminación microbiana. Bayrock e Ingledew (2004) corroboran que estos contaminantes pueden reducir drásticamente la productividad y el rendimiento de etanol al competir por los nutrientes necesarios para el metabolismo de las levaduras, además de producir ácidos orgánicos que inhiben su actividad.

En este sentido, la selección de microorganismos nativos constituye una vía relevante para acceder a recursos genéticos microbianos con potencial aplicación industrial. Al mismo tiempo, el desarrollo de técnicas como la evolución controlada, el mejoramiento genético, la reorganización del genoma o los métodos de alto rendimiento han sido propuestos como alternativas para

diversificar los perfiles metabolómicos y mejorar la aplicación de cultivos iniciadores en procesos fermentativos de interés (Steensels et al., 2014).

De esta manera, en las fermentaciones espontáneas de jugo de caña de azúcar, la influencia microbiana se convierte en un factor determinante tanto en el rendimiento de etanol como en la calidad sensorial del producto final, imprimiendo características particulares al perfil de sabor.

En este contexto, el presente trabajo corresponde a una revisión bibliográfica cuyo propósito es identificar las principales técnicas de aislamiento de levaduras autóctonas productoras de etanol, con el fin de establecer criterios para su selección y aplicación en procesos fermentativos de interés.

METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a una revisión bibliográfica orientada a recopilar, analizar y sintetizar información científica relacionada con el aislamiento y selección de levaduras autóctonas productoras de etanol a partir de jugo de caña fermentado artesanalmente.

Se planteó como pregunta de investigación: ¿Qué técnicas de aislamiento y selección de levaduras nativas han sido reportadas en la literatura científica y cuáles presentan mayor

aplicabilidad para optimizar la producción de etanol en procesos fermentativos artesanales?

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas como Google Scholar, Scopus, Scielo y ScienceDirect, utilizando combinaciones de palabras clave en español e inglés: levaduras autóctonas, aislamiento de levaduras, jugo de caña, fermentación artesanal, *Saccharomyces* sp., *yeast isolation*, *cane juice fermentation*.

Los criterios de inclusión fueron: artículos científicos, libros y reportes técnicos publicados entre 2000 y 2024, en español, inglés y portugués, que abordaran aspectos microbiológicos, tecnológicos o aplicados de la fermentación de jugo de caña y la caracterización de levaduras. Como criterios de exclusión se descartaron documentos sin respaldo científico (ej. notas técnicas no arbitradas), así como investigaciones centradas en microorganismos distintos a las levaduras.

Finalmente, la información recopilada fue analizada de manera cualitativa, priorizando estudios que detallaran metodologías de aislamiento, identificación y conservación de cepas de levaduras, con el fin de establecer un marco comparativo que sustente futuras aplicaciones en la producción artesanal de etanol.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Producción de etanol a partir de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

La caña de azúcar es considerada la principal materia prima para la obtención de etanol a nivel mundial. Su aprovechamiento puede realizarse a partir del jugo fresco o de la melaza, que constituye un subproducto de la industria azucarera (Moreira y Goldemberg, 2010). En este contexto, el etanol ha sido históricamente utilizado tanto con fines energéticos como en la producción de bebidas alcohólicas, lo que resalta la importancia de este cultivo en economías agrícolas tradicionales.

En los procesos artesanales de fermentación del jugo de caña, además de *Saccharomyces* sp., se encuentran otras levaduras nativas como

Torula sp. y *Pichia* sp., las cuales participan activamente en la conversión de azúcares en etanol (Pataro et al., 2000).

A nivel industrial y artesanal, se aplican fermentaciones de corta duración, entre 18 y 30 horas, utilizando mosto fresco en ciclos sucesivos. Este procedimiento, descrito por Moraes et al. (1997), da lugar a una dinámica poblacional cambiante, en la que se incorporan continuamente nuevos microorganismos al sistema.

Como resultado, se genera una gran diversidad microbiana que influye en el rendimiento y en las características del producto final. Posteriormente, el mosto fermentado se destila, generalmente en alambiques de cobre, técnica ampliamente utilizada en regiones como Brasil (Portugal et al., 2016).

Proceso artesanal para la obtención de etanol

El proceso artesanal para producir etanol comienza con la molienda de la caña de azúcar, de la cual se obtiene el jugo como sustrato fermentable y el bagazo como subproducto. Este jugo es sometido a fermentación, donde las levaduras transforman los azúcares en etanol, dióxido de carbono y compuestos secundarios (Reyes et al., 2004). La fermentación dura entre 12 y 48 horas y produce bebidas con graduaciones alcohólicas de 8° a 15° GL (Herrera et al., 2011).

A diferencia de los procesos industriales, en la producción artesanal las condiciones de fermentación no son estrictamente controladas. De acuerdo con Goldemberg y Guardabassi (2010), esta falta de tecnificación ocasiona variaciones en la calidad y el rendimiento del producto. A pesar de ello, los métodos artesanales siguen siendo predominantes en muchas comunidades, debido a su bajo costo, facilidad de implementación y fuerte arraigo cultural.

Microbiota autóctono del jugo de caña

El microbiota presente en el jugo de caña es compleja y aún poco caracterizada en su totalidad. Badotti et al. (2010), Cuadros et al.

(2013) y Barbosa et al. (2016) señalan la necesidad de evaluar las fermentaciones en diferentes regiones con el objetivo de comprender mejor la composición microbiana y sus implicaciones en el proceso. La identificación de levaduras locales permitiría establecer un catálogo de cepas con potencial biotecnológico, adaptadas a las condiciones propias de cada territorio.

Además de *Saccharomyces* sp., considerada la levadura de referencia en procesos fermentativos, se han descrito especies autóctonas que, aunque poseen menor capacidad para producir etanol, contribuyen al perfil organoléptico del destilado. Jolly et al. (2014) destacan que estas levaduras suelen ser más sensibles al etanol acumulado, pero aportan características distintivas al producto final, reforzando la identidad sensorial de las bebidas.

Entre las especies identificadas se encuentran *Saccharomyces cerevisiae*, *S. exigus*, *S. kluyveri* y *S. ludwigii* (Oliveira et al., 2008), además de *Meyerozyma guilliermondii*, *Hanseniaspora guilliermondii* y *Pichia fermentans*, reportadas por Portugal et al. (2016) como persistentes durante toda la fermentación espontánea.

Factores como la tolerancia al azúcar y al etanol, la termotolerancia y la actividad enzimática para realizar transformaciones específicas son determinantes para evaluar la viabilidad tecnológica de cada cepa (Mobini-Dehkordi et al., 2007; Pătrașcu et al., 2009).

La identificación de estas propiedades abre la posibilidad de seleccionar levaduras autóctonas con ventajas competitivas frente a las cepas convencionales, fortaleciendo tanto la productividad como la diferenciación de los destilados artesanales.

Métodos de aislamiento y purificación de levaduras nativas

El aislamiento de levaduras es un paso fundamental para caracterizar y seleccionar cepas de interés. Según Kurtzman et al. (2011), se emplean medios selectivos que permiten el desarrollo de levaduras y suprimen el

crecimiento de bacterias y mohos. Entre estos se incluyen los medios acidificados (pH 3,5–5,0), que reducen la proliferación bacteriana, aunque ácidos como el acético no son recomendables por su efecto inhibidor sobre las levaduras (Yarrow, 1998).

Asimismo, los medios osmóticos con altas concentraciones de glucosa (30–50%) son útiles para recuperar levaduras osmofílicas y osmotolerantes de jugos concentrados con baja actividad de agua (Kurtzman et al., 2011). Otros enfoques consideran el uso de antibióticos como tetraciclina, penicilina G o estreptomicina para inhibir microorganismos acompañantes (Beech et al., 1980; Bills y Foster, 2004), y las técnicas de filtración por membrana de 0,45 µm, que permiten recuperar levaduras presentes en bajas concentraciones (Mulvany, 1969).

La purificación de cultivos se logra mediante subcultivos sucesivos en medios como agar glucosa-peptona-extracto de levadura, hasta obtener colonias individuales libres de contaminantes bacterianos. Kurtzman et al. (2011) destacan que, en algunos casos, es necesario realizar varios pases para garantizar la pureza del cultivo y su posterior análisis morfológico, molecular y funcional.

Técnicas de conservación de cultivos de levaduras

La conservación de cepas aisladas es esencial para asegurar su disponibilidad en futuras investigaciones y aplicaciones industriales. Los métodos tradicionales incluyen el almacenamiento a 4–12 °C con subcultivos periódicos cada seis u ocho meses (Scheda, 1966). No obstante, estas técnicas presentan limitaciones, ya que las propiedades de una cepa pueden modificarse en periodos cortos debido a la selección natural en medios inestables.

Por ello, se emplean técnicas de preservación avanzadas como la liofilización, que suspende cultivos en crioprotectores como leche descremada (Kirsop y Kurtzman, 1988); el L-Drying, utilizado ampliamente en Japón y caracterizado por un secado más lento al vacío (Mikata y Banno, 1989); y la criopreservación

en nitrógeno líquido, considerada la estrategia más eficaz para mantener la viabilidad y estabilidad genética a largo plazo (Kurtzman et al., 2011).

Esta última técnica, pese a sus ventajas, implica riesgos durante la manipulación, ya que las ampollas pueden fracturarse al descongelarse, liberando rápidamente el gas atrapado.

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

La literatura revisada evidencia que la producción de etanol a partir de caña de azúcar continúa siendo un eje fundamental tanto en procesos industriales como artesanales.

En estos últimos, la fermentación espontánea constituye un reto significativo debido a la presencia de comunidades microbianas heterogéneas, que afectan el rendimiento y la calidad del destilado final (Bayrock e Ingledew, 2004; Santoro y Casciotti, 2011).

Si bien las levaduras del género *Saccharomyces* sp. se mantienen como el estándar tecnológico por su elevada eficiencia fermentativa (BNDES y CGEE, 2008; Ingram y Buttke, 1985), numerosos estudios resaltan el papel de levaduras autóctonas no convencionales que, aunque menos productivas, aportan características sensoriales únicas al producto (Jolly et al., 2014; Portugal et al., 2016).

Este doble escenario plantea un dilema interesante: mientras la industria privilegia la estandarización y el máximo rendimiento, los productores artesanales valoran también la autenticidad y singularidad del destilado. En este sentido, la investigación sobre levaduras nativas abre una vía para conciliar ambos intereses, siempre que se logre identificar y seleccionar cepas con tolerancia a etanol, capacidad de crecimiento en medios con alta concentración de azúcares y estabilidad en condiciones ambientales variables (Mobini-Dehkordi et al., 2007; Pătrașcu et al., 2009).

Respecto a los métodos de aislamiento, los trabajos de Kurtzman et al. (2011) constituyen una referencia central, al sistematizar

estrategias selectivas basadas en pH, osmolaridad y el uso de antibióticos.

Sin embargo, gran parte de estas técnicas han sido diseñadas en contextos de laboratorio y no siempre se aplican en condiciones artesanales de fermentación. De allí surge la necesidad de adaptar los protocolos de aislamiento y purificación de cepas a escenarios locales, considerando la diversidad microbiana y los recursos disponibles en pequeños centros de producción.

En cuanto a la preservación, la criopreservación en nitrógeno líquido se reconoce como el método más confiable para mantener la viabilidad genética a largo plazo (Kurtzman et al., 2011), aunque su implementación no siempre es viable en contextos rurales.

Métodos alternativos como la liofilización o el L-Drying han mostrado resultados satisfactorios (Kirsop y Kurtzman, 1988; Mikata y Banno, 1989), lo que sugiere que son opciones más realistas para pequeños productores y centros de investigación con recursos limitados.

En términos críticos, la literatura consultada evidencia que aún falta un mayor número de estudios comparativos que evalúen de manera sistemática las diferencias entre levaduras autóctonas y cepas industriales, no solo en cuanto al rendimiento de etanol, sino también en aspectos de resistencia al estrés ambiental y contribución al perfil organoléptico del producto final.

Igualmente, existe un vacío en investigaciones que integren técnicas de biología molecular y análisis metabólico con estudios de fermentación artesanal, lo que limitaría la comprensión integral del microbiota nativo.

Puede afirmarse que la selección de levaduras autóctonas presenta un valor estratégico para mejorar la producción artesanal de etanol en Ecuador y América Latina, al equilibrar rendimiento productivo y autenticidad sensorial.

Sin embargo, este potencial solo podrá materializarse mediante investigaciones que adapten los métodos de aislamiento y conservación a las condiciones locales, integrando además herramientas de caracterización avanzada que permitan identificar cepas con ventajas competitivas frente a las utilizadas tradicionalmente.

CONCLUSIONES

La fermentación espontánea constituye un factor determinante en la obtención de etanol a partir de jugo de caña, ya que introduce variabilidad microbiana que afecta tanto el rendimiento productivo como la calidad organoléptica del destilado. Este escenario resalta la necesidad de profundizar en el aislamiento y selección de levaduras autóctonas productoras de etanol, con el fin de estandarizar los procesos fermentativos y fortalecer la industria artesanal del país. A largo plazo, esta línea de investigación podría contribuir también a la producción sostenible de bioetanol, aprovechando subproductos de la destilería y promoviendo un modelo económico más eficiente.

Para garantizar un proceso de fermentación eficaz, resulta imprescindible aplicar métodos de aislamiento adecuados que permitan realizar estudios in vitro de las levaduras nativas, determinando sus exigencias metabólicas, su comportamiento en distintos medios y la interacción con otras especies presentes en el ecosistema microbiano. Estos estudios son fundamentales para identificar cepas con ventajas tecnológicas y de adaptación.

La conservación del material genético de las levaduras seleccionadas es un aspecto clave. Más allá del aislamiento inicial, se requiere implementar técnicas de mantenimiento que aseguren la pureza y estabilidad de los cultivos, de modo que sus propiedades originales se mantengan en el tiempo y puedan ser aprovechadas tanto en la investigación como en aplicaciones productivas.

La integración de estrategias de aislamiento, caracterización y conservación de levaduras autóctonas representa una vía

prometedora para optimizar la fermentación de jugo de caña. Esto permitirá mejorar simultáneamente la eficiencia productiva y la calidad sensorial del etanol artesanal, consolidando así un sector más competitivo, sustentable y alineado con las tendencias actuales de innovación biotecnológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badotti, F., Belloch, C., Rosa, C. A., Barrio, E., y Querol, A. (2010). Physiological and molecular characterization of *Saccharomyces cerevisiae* cachaça strains isolated from different geographic regions in Brazil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26(4), 579-587.
- Barbosa, R., Almeida, P., Safar, S. V., Santos, R. O., Morais, P. B., Nielly-Thibault, L., y Sampaio, J. P. (2016). Evidence of natural hybridization in Brazilian wild lineages of *Saccharomyces cerevisiae*. *Genome biology and evolution*, 8(2), 317-329.
- Bayrock, D. P., y Ingledew, W. M. (2004). Inhibition of yeast by lactic acid bacteria in continuous culture: nutrient depletion and/or acid toxicity? *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 31(8), 362-368.
- Bischoff KM, Liu S, Leathers TD, Worthington RE y Rich JO (2009) Modeling bacterial contamination of fuel ethanol fermentation. *Biotechnol Bioeng* 103(1):117–122. doi:10.1002/bit.22244
- BNDES – Banco Nacional Do Desenvolvimento; CGEE – Centro De Gestão y Estudos Estratégicos (Org.). (2008) Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Bndes, ed. 1.
- Castro, M. (1995) Leveduras contaminantes do processo de fermentação alcoólica: diversidade taxonômica e metabólica. Dissertação, Universidade estadual de campinas, Campinas
- Chang I-S, Byung-Hong K, Pyong-Kyun S y Wan-Kyu L (1995) Bacterial contamination and its effects on ethanol fermentation. *J Microbiol Biotechnol* 5(6):304–314
- Claassen, P. A. M., Van Lier, J. B., Contreras, A. L., Van Niel, E. W. J., Sijtsma, L., Stams, A. J. M. y Weusthuis, R. A. (1999). Utilisation of biomass for the supply of energy carriers. *Applied microbiology and biotechnology*, 52(6), 741-755.

- Cuadros-Orellana, S., Leite, L. R., Smith, A., Medeiros, J. D., Badotti, F., Fonseca, P. L., y Góes-Neto, A. (2013). Assessment of fungal diversity in the environment using metagenomics: a decade in review. *Fungal Genomics & Biology*, 3(2), 1.
- Gallo CR (1989) Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Tese
- Goldemberg, J., y Guardabassi, P. (2010). The potential for first-generation ethanol production from sugarcane. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 4(1), 17–24. doi:10.1002/bbb.186
- Herrera, J., Padilla, V., Cárdenas, M., Carrero, Y. y Alayon, M. (2011). Mejora del proceso de destilación artesanal para la
- Jolly, N. P., Varela, C., y Pretorius, I. S. (2014). Not your ordinary yeast: non-Saccharomyces yeasts in wine production uncovered. *FEMS yeast research*, 14(2), 215-237.
- Kurtzman, C, Fell, J. Boekhout, T. y Robert, V. (2011). Methods for Isolation, Phenotypic Characterization and Maintenance of Yeasts. 10.1016/B978-0-444-52149-1.00007-0.
- Mobini-Dehkordi, M., Nahvi, I., Ghaedi, K., y Tavassoli, M. (2007). Isolation of high ethanol resistant strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *Research in pharmaceutical sciences*, 1(2), 85-91.
- Moreira, J. R. y Goldemberg, J. (1999). The alcohol program. *Energy policy*, 27(4), 229-245.
- Oliveira, V. A., Vicente, M. A., Fietto, L. G., de Miranda Castro, I., Coutrim, M. X., Schüller, D. y Brandao, R. L. (2008). Biochemical and molecular characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains obtained from sugarcane juice fermentations and their impact in cachaça production. *Applied and environmental microbiology*, 74(3), 693-701.
- Pataro, C., Guerra, J. B., Petrillo-Peixoto, M. L., Mendonça-Hagler, L. C., Linardi, V. R., y Rosa, C. A. (2000). Comunidades de levadura y polimorfismo genético de la especie *Saccharomyces cerevisiae* asociada a una fermentación artesanal en Brasil. *Journal Applied Microbiology*, 89(1), 24-31.
- Pătrașcu, E., Rapeanu, G., Hopulele, T y Bonciu, C. (2009). Bioethanol production from molasses by different strains of *Saccharomyces cerevisiae*. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 33(2), 49-56.
- Portugal, C. B., de Silva, A. P., Bortoletto, A. M y Alcarde, A. R. (2017). How native yeasts may influence the chemical profile of the Brazilian spirit, cachaça?. *Food Research International*, 91, 18-25.
- Reyes, A.; Pardo, V.; Jaramillo, L.; Castaño, J y García, J. (2004). Producción de alcohol a base de caña. Universidad de los Andes. Colombia.
- Santoro, A. E., y Casciotti, K. L. (2011). Enrichment and characterization of ammonia-oxidizing archaea from the open ocean: phylogeny, physiology and stable isotope fractionation. *The ISME journal*, 5(11), 1796-1808.
- Skinner, KA. y Leathers, TD. (2004) Bacterial contaminants of fuel ethanol production. *J Ind Microbiol Biotechnol* 31(9):401–408. doi:10.1007/s10295-004-0159-0
- Steensels, J., Snoek, T., Meersman, E., Nicolino, M. P., Voordeckers, K., y Verstrepen, K. J. (2014). Improving industrial yeast strains: exploiting natural and artificial diversity. *FEMS microbiology reviews*, 38(5), 947-995.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Moncayo-Palchisaca, D. V. (2025)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.