

Artículo de investigación

## Aislamiento y evaluación fermentativa de levaduras autóctonas de frutas de *Musa* spp.

## Isolation and fermentative evaluation of autochthonous yeasts from *Musa* spp. fruits

María Raquel Ruiz Díaz<sup>✉</sup>, Ninfa Cuella<sup>✉</sup>, Lizza Ledesma Rivas<sup>\*✉</sup>

Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias y Tecnología, Encarnación, Paraguay

\*Autor de correspondencia: Lizza Ledesma Rivas; lizzaledesma716@facyt.uni.edu.py

**Recibido:** 29/08/2025 **Aceptado:** 19/11/2025

### Resumen

El aislamiento de levaduras autóctonas provenientes de frutas tropicales como *Musa* spp. representa una estrategia prometedora para el desarrollo de insumos fermentativos regionales. En este estudio, se caracterizó morfológica y bioquímicamente levaduras aisladas a partir de un preparado obtenido por fermentación espontánea de frutas de *Musa* spp, evaluando su viabilidad celular, resistencia a diferentes concentraciones de etanol y de metabisulfito; también se evaluó su potencial fermentativo, utilizándola para elaborar una cerveza artesanal en paralelo con una cepa comercial de *Saccharomyces cerevisiae*, de manera a realizar una comparación en cuanto a producción de etanol. Por otro lado, se evaluó el crecimiento de la levadura autóctona en 2 medios líquidos: por un lado, el medio compuesto por extracto de levadura, peptona y dextrosa (YPD) y, por el otro, en un sustrato alternativo elaborado a partir de melaza, subproducto de la elaboración de azúcar, buscando de esta forma, opciones para la producción de levadura aislada. Los resultados sugieren que los microorganismos aislados poseen tolerancia a condiciones inhibitoras y capacidad fermentativa, constituyéndose en potenciales insumos biotecnológicos regionales que requieren mayor investigación.

**Palabras clave:** levaduras autóctonas, fermentación, cerveza artesanal, insumos biotecnológicos regionales, frutas tropicales.

### Abstract

The isolation of autochthonous yeasts from tropical fruits such as *Musa* spp. offers a promising strategy for the development of regionally sourced fermentative consumables. This study characterized the biochemistry and morphology of a fungal strain obtained through spontaneous fermentation, through its cell viability, resistance to ethanol and sodium metabisulfite, and fermentative performance compared to a commercial *Saccharomyces cerevisiae* strain for craft beer production. The autochthonous yeast was cultivated in YPD

medium and in an alternative substrate derived from a concentrated by-product of *Saccharum officinarum*, to evaluate its growth. The results suggest that the isolated microorganisms possess tolerance to inhibitory conditions and fermentation capacity, constituting potential regional biotechnological inputs that require further investigation.

**Keywords:** autochthonous yeasts, fermentation, craft beer, regional biotechnological inputs, tropical fruits.

## 1. Introducción

Las levaduras son microorganismos eucariotas ampliamente distribuidos en matrices naturales como frutas, insectos y suelos y han acompañado a la humanidad durante milenios (1,2). Aparte de las levaduras de importancia clínica, que por su implicancia en la salud vienen siendo permanentemente estudiadas, también se destacan aquellas con utilidad en las áreas industrial y agrícola, entre otras. Entre los atributos industriales relevantes de las levaduras se destacan su rol primario en varias fermentaciones alimentarias tradicionales, como la producción de cerveza, vinos, productos de panificación, quesos, entre otros; más recientemente, el uso de levaduras para la producción de proteínas y otros metabolitos de bajo peso molecular mediante ingeniería genética también ha cobrado importancia (2).

Al hablar de aplicaciones de levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* se ha establecido como organismo modelo en biotecnología industrial, debido a su capacidad para transformar azúcares en etanol y dióxido de carbono, incluso en presencia de oxígeno — fenómeno conocido como efecto Crabtree (3). Su versatilidad incluye rutas metabólicas como glucólisis y síntesis de metabolitos funcionales, reguladas por enzimas sensibles a inhibidores (4). Su estructura celular otorga propiedades inmunomoduladoras, y cepas específicas se han adaptado a diversos entornos fermentativos (5).

Considerando las características mencionadas, muchas de las cuales son compartidas con otros géneros y especies de levaduras, es razonable postular la posibilidad de que levaduras autóctonas de diferentes ambientes, puedan ser utilizadas como herramientas biotecnológicas en diferentes áreas. En ese sentido, la producción de cervezas artesanales es un campo en el cual se evidencia interés en encontrar nuevas opciones de microorganismos, no solo para la fermentación, sino también para brindar al producto, características particulares que lo hagan más atractivo para el público (6). Dado el creciente interés por levaduras silvestres, estudios recientes han destacado cepas autóctonas aisladas de frutas tropicales como bananas con propiedades fermentativas interesantes (7, 8).

La posibilidad de explorar el potencial de levaduras autóctonas se fundamenta en que las cepas nativas están mejor adaptadas a las condiciones locales de fermentación, mostrando tolerancia a factores ambientales típicos, lo que puede facilitar procesos de fermentación más estables y confiables en cervecerías artesanales (6). Por otro lado, la aparición de

características diferenciales en cuanto a aroma, sabor y otros atributos sensoriales que pueden ser relevantes en la elaboración de cervezas artesanales, en general se debe a que los microorganismos fermentadores producen además ciertos metabolitos secundarios (2, 9). Este trabajo propone el aislamiento, caracterización y evaluación fermentativa de una cepa fúngica local, aislada de frutas de *Musa* spp. en Coronel Oviedo, su comparación con una cepa comercial de *S. cerevisiae* en la elaboración de cerveza artesanal a escala de laboratorio y además, el ensayo de la propagación del microorganismo aislado en medio YPD (extracto de levadura, peptona, dextrosa) y en melaza, un subproducto concentrado del procesamiento de *Saccharum officinarum*.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Fuente natural de aislamiento de las levaduras

Se utilizaron 500 g de frutas enteras de banana (*Musa* spp.) adquiridas en un puesto de ventas de la ciudad de Coronel Oviedo, Paraguay. Estas frutas fueron seleccionadas como fuente natural de microorganismos fermentativos.

### 2.2. Medios de cultivo

Para el aislamiento y propagación de las levaduras se emplearon los siguientes medios:

Medio de aislamiento (YPD sólido): extracto de levadura 10 g/L, peptona 20 g/L, dextrosa 20 g/L, agar 15 g/L; pH 6,0.

Medio de conservación (YPD líquido): extracto de levadura 10 g/L, peptona 20 g/L, dextrosa 20 g/L; pH 6,0.

Medio de fermentación (mosto de malta): preparado en laboratorio con malta molida y agua, pH inicial 5,2.

### 2.3. Aislamiento de levaduras silvestres

Se preparó un mosto a partir de 500 g de frutas enteras de banana *Musa* spp. adquiridas de un puesto de ventas de la ciudad de Coronel Oviedo, Paraguay, siendo las mismas procedentes de la región periurbana del distrito. Las frutas fueron procesadas hasta obtener una pasta espesa mediante un procesador de uso doméstico, a la pasta obtenida se agregó agua estéril en proporción 1,5:1 (líquido/sólido). Este mosto fue sometido a fermentación espontánea dejando incubar durante 7 días en 2 matraces tapados a temperatura de entre 10 y 20° C. Para el aislamiento de las levaduras, se realizaron diluciones seriadas en agua peptonada (15 g/L): 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; y 0,00001. Se cultivaron por duplicado en placas con medio sólido YPD (extracto de levadura 10 g/L, peptona 20 g/L, dextrosa 20 g/L, agar 15 g/L) preparado a partir de sus componentes, que se incubaron a 30 °C por 48 h. Las colonias obtenidas se caracterizaron mediante observación macroscópica por color, borde, elevación, forma y textura, también se observaron al microscopio con aumento de 10X y 40X para

observar la morfología celular; se realizaron sucesivas resiembras para obtener cultivos axénicos (10).

#### 2.4. *Propagación de las levaduras aisladas*

##### 2.4.1 Evaluación de medios para la propagación

Las levaduras aisladas se propagaron en dos medios líquidos:

YPD líquido estándar (pH 6,0) y medio alternativo con melaza (200 mL de melaza diluidos en 800 mL de agua destilada, suplementados con 2,7 g de sulfato de amonio y 0,5 mL de ácido fosfórico; pH 5,5).

Ambos medios fueron esterilizados en autoclave a 121 °C por 15 min e inoculados con colonias activas, incubándose a 30 °C durante 72 h.

##### 2.4.2. Evaluación de la viabilidad celular

El recuento celular se realizó en cámara de Neubauer, considerando cinco cuadrantes representativos y aplicando la Ecuación 1:

$$\text{Número de células/mL} = n \times 50.000 \times F \quad (\text{Ec. 1})$$

donde  $n$  es el número de células contadas y  $F$  el factor de dilución.

La viabilidad se evaluó mediante tinción con azul de metileno, para lo cual se extrajo 1 mL del cultivo y se diluyó en 9 mL de agua destilada, a esta mezcla se le añadieron gotas de solución de azul de metileno al 0,2 % preparada en agua destilada, luego de aproximadamente 3 min, se cargó el preparado en la cámara de Neubauer con micropipetas, se dejó en reposo por 1 a 2 min para luego realizar la observación y recuento. Las células vivas (no teñidas) y muertas (teñidas de azul) fueron contadas aplicando la fórmula estándar para cálculo de concentración celular por mililitro, determinando el número total de células, así como el porcentaje de células vivas (10).

#### 2.5. *Tolerancia al etanol y al metabisulfito de sodio*

Utilizando colonias de tercera generación, se evaluó la resistencia al etanol y al metabisulfito de sodio. Para evaluar la resistencia al etanol los tratamientos se realizaron por duplicado en medio líquido YPD al que se agregó etanol al 99,5 % de manera a obtener concentraciones de etanol de 8 %, 10 %, 12 % y 15 % (v/v) siendo 10 mL el volumen final de cada tubo, además de un testigo sin etanol. Cada tubo se sembró con 1 mL de inóculo cuya concentración aproximada fue de  $4,95 \times 10^7$  células/mL para luego ser incubado a 30 °C por 24 h. Para la prueba de resistencia al metabisulfito, se utilizaron dos concentraciones de este: 300 mg/L y 600 mg/L en medio líquido YPD, siendo el volumen final de 10 mL; las pruebas se realizaron por duplicado, inoculándose con el microorganismo a la concentración ya mencionada e incubadas de igual manera que en la prueba para resistencia al etanol (10). Se evaluó el crecimiento celular mediante recuento microscópico.

## 2.6. Evaluación de la capacidad fermentativa

La capacidad fermentativa se evaluó mediante la producción de cerveza artesanal a escala de laboratorio. Se realizó un macerado de 150 g de malta en 450 mL de agua a 70 °C durante 90 min, seguido de un hervido del mosto por 60 min con adición de 1 g de lúpulo en dos etapas (0,5 g al inicio y 0,5 g a los 50 min). Tras un enfriamiento rápido, el mosto se distribuyó en seis matraces: dos de 150 mL (A-B), dos de 80 mL (A-B) y dos de 40 mL (A-B). La serie A se inoculó con levadura comercial y la serie B con 10 mL de biomasa de la cepa autóctona cultivada en YPD líquido ( $\approx 1,27 \times 10^8$  células). Los matraces se incubaron a  $20 \pm 2$  °C durante 7 d y se evaluó la producción de etanol con un alcoholímetro tipo Gay-Lussac.

## 3. Resultados y Discusión

### 3.1. Aislamiento de levaduras silvestres

En las placas correspondientes a las diluciones 0,1 y 0,01 se aislaron colonias de morfología homogénea, sin signos de contaminación. Presentaron color entre blanco y crema, elevación moderada, bordes regulares y textura cremosa (Figura 1). Bajo el microscopio se observaron células ovaladas sin gemaciones, con pared celular bien definida. Posterior a la sexta resiembra, no se observaron cambios significativos en la morfología de las colonias, lo que sugiere estabilidad fenotípica durante los sucesivos repiques bajo las condiciones experimentales empleadas.



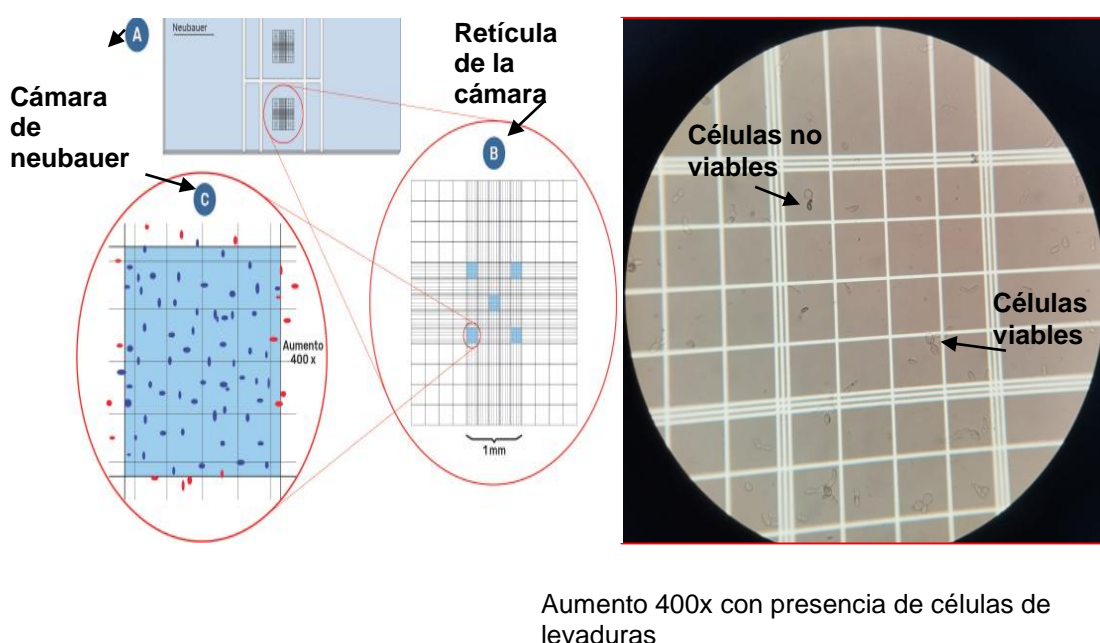
**Figura 1.** Morfología de las colonias aisladas en medio sólido YPD.

### 3.2. Evaluación de medios para propagación de la levadura aislada

Las levaduras se cultivaron en dos medios líquidos: el convencional YPD y otro alternativo elaborado con melaza (subproducto concentrado del procesamiento de *Saccharum officinarum*), enriquecido con ácido fosfórico y sulfato de amonio. Ambos fueron inoculados con cepas previamente aisladas en medio sólido YPD y luego incubados a 30 °C durante 72 h en condiciones estacionarias.

Se observó crecimiento del microorganismo en ambos medios. El recuento celular fue de  $4,25 \times 10^7$  células/mL en el medio alternativo y  $7,25 \times 10^7$  células/mL en YPD líquido, determinado mediante cámara de Neubauer y tinción con azul de metileno. La viabilidad celular evidenció predominancia de células vivas (transparentes) frente a las muertas (teñidas de azul), lo que confirma la adaptabilidad de la cepa al sustrato regional.

Este comportamiento refuerza el valor del uso de insumos locales en sistemas fermentativos, ya que permite obtener biomasa viable utilizando matrices accesibles y sostenibles.



**Figura 2.** Observación microscópica del recuento celular en cámara de Neubauer.

### 3.3. Tolerancia al etanol y al metabisulfito de sodio

Para evaluar la tolerancia al etanol, se utilizó un inóculo inicial de aproximadamente  $4,95 \times 10^7$  células/mL cultivado en medio líquido YPD con concentraciones de 8%, 10%, 12% y 15% (v/v), además de un testigo sin etanol, los resultados se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Recuento celular en presencia de distintas concentraciones de etanol (%)

| Identificación | Concentración de etanol (%) | Recuento (células/mL) |
|----------------|-----------------------------|-----------------------|
| Testigo        | 0                           | $7,25 \times 10^7$    |
| Tratamiento 1  | 8                           | $5,3 \times 10^7$     |
| Tratamiento 2  | 10                          | $5,35 \times 10^7$    |
| Tratamiento 3  | 12                          | $5,05 \times 10^7$    |
| Tratamiento 4  | 15                          | $5,6 \times 10^7$     |

Se realizó también una prueba de resistencia al metabisulfito de sodio, en concentraciones de 300 mg/L y 600 mg/L tal como se evidencia en la tabla 2.



**Tabla 2.** Recuento celular en presencia de distintas concentraciones de metabisulfito de sodio (mg/L).

| Identificación | Concentración de metabisulfito de sodio (mg/L) | Recuento (células/mL) |
|----------------|--|-----------------------|
| Testigo        | 0  | $7,25 \times 10^7$    |
| Tratamiento 1  | 300  | $6,3 \times 10^7$     |
| Tratamiento 2  | 600  | $5,1 \times 10^7$     |

La cepa mostró crecimiento en ambos tratamientos, lo cual sugiere una tolerancia comparable a levaduras empleadas en procesos enológicos (8). Este rasgo es relevante para aplicaciones fermentativas donde se usan sulfitos como conservantes.

Los resultados de ambas pruebas demuestran que la levadura silvestre obtenida presenta características que podrían permitir su uso en la producción de bebidas fermentadas, requiriéndose un estudio más exhaustivo de su potencial tanto en cuanto a sus actividades metabólicas como en lo que se refiere a la tolerancia a condiciones de estrés químico.

### 3.4. Capacidad fermentativa en la producción de cerveza artesanal

La levadura autóctona fue comparada con una cepa comercial para producción de cerveza de *S. cerevisiae*, para lo cual se realizó la obtención de cerveza artesanal a escala de laboratorio, utilizando un kit comercial, luego de siete días a temperatura ambiente sin agitación, se midió la concentración de etanol mediante alcoholímetro tipo Gay-Lussac, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Concentración de etanol (%) producido por levadura comercial y levadura autóctona tras 7 días de fermentación.

| Identificación inóculo     | Concentración de etanol (%) |
|----------------------------|-----------------------------|
| Levadura comercial         | 2,3                         |
| Levadura autóctona aislada | 1                           |

La cepa autóctona generó menor porcentaje de alcohol (1%) respecto a la comercial (2,3%), esto puede atribuirse a condiciones de fermentación no controladas. No obstante, el crecimiento observado y la producción de etanol demuestran su capacidad funcional en procesos fermentativos tropicales (9, 12, 13).

Está demostrado que muchas levaduras no producen una alta concentración de alcohol al realizar la fermentación, pero que durante el proceso también desarrollan metabolitos responsables de aromas y sabores particulares, que pueden brindarle a la cerveza artesanal sus características distintivas, siendo esta la razón por la cual se buscan levaduras silvestres o nativas para incorporarlas al proceso productivo.

Los resultados obtenidos muestran que la levadura autóctona aislada de frutas de *Musa* spp. posee morfología regular, viabilidad sostenida y capacidad de adaptación a medios líquidos con composición variada. Su tolerancia frente a concentraciones crecientes de etanol y metabisulfito sugiere la presencia de rutas metabólicas compatibles con mecanismos de resistencia descritos en cepas fermentativas (8). Este comportamiento ha sido documentado también por Oliveira et al. (5), quienes señalan la robustez de ciertas levaduras tropicales ante condiciones químicas adversas.

Comparada con la cepa comercial de *S. cerevisiae* en la producción de cerveza, la levadura autóctona mostró fermentación activa, aunque el rendimiento fue inferior, su capacidad para crecer en sustratos no convencionales confirma su versatilidad. Diferentes estudios han validado el uso de residuos agroindustriales o medios alternativos de bajo costo en cultivos de microorganismos autóctonos para producir insumos fermentativos sostenibles (9, 11).

En conjunto, estos datos respaldan el valor biotecnológico de las levaduras regionales, destacando su adaptabilidad ambiental, potencial económico y vínculo con prácticas productivas descentralizadas. Esta línea se alinea con lo descrito por diversos investigadores, quienes promueven el aprovechamiento de la biodiversidad microbiana en entornos tropicales para el desarrollo de insumos fermentativos con identidad territorial (11, 14).

La bioprospección dirigida a aislar, identificar y evaluar potencial biotecnológico de levaduras autóctonas o salvajes, que por encontrarse en su hábitat natural presentan adaptaciones y características que pueden aportar un valor agregado en la obtención de productos como es el caso de las cervezas artesanales, constituye un campo que se está explorando desde diferentes perspectivas que también puede ser enfocado localmente (15, 16, 17).

Es posible que, al igual que se reporta en diferentes trabajos, levaduras no convencionales puedan ser utilizadas para el desarrollo regional de insumos y productos con características diferentes, para de esta manera transferir los hallazgos académicos o de investigación al sector productivo (18, 19, 20).

Durante la incubación, en los matraces que contenían la melaza, se percibió un aroma frutal que podría vincularse a la síntesis de acetato de isoamilo, compuesto volátil asociado al metabolismo de *Saccharomyces* spp. y otras levaduras en entornos tropicales. Este patrón ha sido reportado por Tsukahara et al. (13), quienes identificaron dicho compuesto en cepas de *Saccharomyces cerevisiae* aisladas de tallos de frutas de *Musa* spp., utilizadas en la elaboración de awamori, una bebida tradicional japonesa.

#### 4. Conclusiones

Este estudio confirma la viabilidad del aislamiento de levaduras autóctonas a partir de frutas tropicales como *Musa* spp., mediante fermentación espontánea en condiciones controladas. La cepa fúngica obtenida demostró morfología estable, viabilidad celular prolongada y



tolerancia relativa a agentes inhibidores como etanol y metabisulfito, lo cual sugiere adaptaciones metabólicas compatibles con entornos frutales fermentativos.

Al ser cultivada en medios líquidos convencionales (YPD) y alternativos, como la melaza, la levadura mostró crecimiento activo y producción de compuestos volátiles típicos del metabolismo fermentativo, indicando su posible aplicabilidad en procesos artesanales como la producción de cerveza tropical o bioaromas regionales.

Estos hallazgos refuerzan el valor de las levaduras silvestres como insumos biotecnológicos competitivos, especialmente en territorios donde el uso de cepas comerciales puede implicar dependencia externa o baja adaptación ambiental.

El resultado del presente trabajo puede servir para iniciar el camino de investigaciones más profundas respecto a las levaduras autóctonas presentes en frutas propias del Paraguay, vislumbrando además la posibilidad de propagar aquellas levaduras de características deseadas para utilizarlas posteriormente en la producción de cervezas artesanales, sector que muestra un incipiente desarrollo en el país.

**Conflicto de interés:** Las autoras declaran que no existe ningún conflicto de interés para la publicación de este artículo.

## Bibliografía

1. OLIVA, M., ARANCIBIA, R., CATALÁN, F. y MEDINA, M. Caracterización y bioprospección de levaduras autóctonas asociadas a frutas chilenas. *Revista Chilena de Nutrición*, 2016, vol. 43, núm. 4, págs. 388-395. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-07642016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-07642016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
2. KURTZMAN, C., FELL, J. y BOEKHOUT, T. *The yeasts, a Taxonomic Study*. Volume 1. Fifth Edition. 2011. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780444521491/the-yeasts>
3. OSTERGAARD, S., OLSSON, L. y NIELSEN, J., 2000. Metabolic Engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, vol. 64, no. 1, pp. 34-50. DOI:10.1128/MMBR.64.1.34-50.2000. Disponible en: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/MMBR.64.1.34-50.2000> [Consulta: 28 jul. 2025].
4. JACH, M., GRUMEZESCU, A. y HOLBAN, A. Nutritional Yeast Biomass: Characterization and Application. En: *Diet, Microbiome and Health*. Elsevier, 2018, pp. 237–270.
5. OLIVEIRA, V., CORDEIRO, G., SILVA, J. et al. Characterization of *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from tropical fruits. *Applied and Environmental Microbiology*, 2008, vol. 74, no. 3, pp. 693–701. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/AEM.02032-07>
6. BURINI, J. et al. Levaduras no convencionales como herramientas de innovación y diferenciación en la producción de cerveza. *Revista Argentina de microbiología*, 2021, vol. 53, no. 4, pp. 359-377.

7. TIKKA, C., DESHMUKH, S. y MANDAL, T. Ethanol tolerant yeast strains from tropical fruits. *Bioinformation*, 2013, vol. 9, no. 8, pp. 421–425. Disponible en: <https://doi.org/10.6026/97320630009421>
8. SANTOS, E., MARTINS, R. y AMARAL, J. Evaluation of yeast strains isolated from tropical fruits for alcoholic fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 2022, vol. 378, p. 109823. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109823>
9. DE SIMONE, Nicola, et al. Autochthonous biological resources for the production of regional craft beers: Exploring possible contributions of cereals, hops, microbes, and other ingredients. *Foods*, 2021, vol. 10, no. 8, p. 1831. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods10081831>
10. RODAS, Magna Gutiérrez; CADENA, Cristian Andrés Flores; SUÁREZ, Daniel Borbor. Definir el aislamiento de levaduras *Saccharomyces* spp desde las bayas de uva para la fermentación de una cerveza. *Polo del Conocimiento*, 2023, vol. 8, no. 5, p. 529-552. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5577/13805>
11. LIBKIND, D., TOGNETTI, C. y MOLINE, M. Curso Teórico Práctico sobre microscopía y recuento de levaduras para productores de cerveza. INIBIOMA. CONICET. UNCO. 2014. Disponible en: <https://www.somoscervceros.com/wp-content/uploads/2014/11/Teorica-Curso-Microscopio-La-Plata-2014-V5.pdf>
12. BURINI, J. Desarrollo de cultivos iniciadores cervceros basados en levaduras nativas para la producción de bebidas fermentadas con alto valor agregado. 2023. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6061/606172508001/606172508001.pdf>
13. NARAYANAN, A., FONSECA, C. y KUMAR, V. Comparative fermentation performance of wild and commercial yeasts in fruit-based substrates. *Journal of Applied Microbiology*, 2021, vol. 130, no. 2, pp. 500–512. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jam.14942>
14. TSUKAHARA, H., YOSHIMURA, Y., MORI, K. et al. Characterization of a *Saccharomyces cerevisiae* strain isolated from banana stems in Okinawa, Japan, for awamori brewing. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 2023, vol. 87, no. 2, pp. 240–249. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/bbb/zbac178>
15. MAZABANDA, R., RIVADENEIRA, L. y MUÑOZ, D. Identificación y cuantificación de *Saccharomyces cerevisiae* en fermentaciones espontáneas. *LATAM Revista de Ciencias Sociales*, 2023, vol. 4, no. 1, pp. 2430–2445. Disponible en: <https://latamrcs.org/index.php/revista/article/view/276>
16. SANCLEMENTE, M. Potencial fermentativo de levaduras autóctonas en frutas tropicales. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. 2015. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56362>
17. MANNISE, N. et al. Aplicación industrial de levaduras nativas para la producción de cervezas artesanales. *Innotec*, 2022, no. 24, p. 1-10. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/cc90c740-8b65-4d6a-b2a0-1fa9508f4fe5/content>

18. RIFO, P. Bioprospecting of wild yeast from Bio-Bio region for novel beer production. 2024. Tesis Doctoral. Universidad de Concepción. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/cc90c740-8b65-4d6a-b2a0-1fa9508f4fe5/content>
19. VELÁZQUEZ, M., PAEZ, Y. y RAMÍREZ, L. Levaduras no convencionales: Un valioso recurso para la innovación de la cerveza. RD-ICUAP, 2022, p. 162-177. Disponible en: <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2022.22.664>
20. RODRIGUEZ-SAAVEDRA, M. Cerveza artesanal: innovaciones biotecnológicas en cervecería y sobre su impacto en la microbiota y salud intestinal. 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/263763>
21. ORBANEJA, P. Aislamiento y caracterización de levaduras no *Saccharomyces* para la elaboración de cervezas alternativas. Trabajo Fin de Máster. Universidad Politécnica de Madrid. 2024. Disponible en: [https://oa.upm.es/83514/1/TFM\\_PABLO\\_MENDOZA\\_ORBANEJA.pdf](https://oa.upm.es/83514/1/TFM_PABLO_MENDOZA_ORBANEJA.pdf)
22. BENAVIDES, C., TORRES, L. y AGUIRRE, E. Utilización de subproductos agroindustriales como medios de cultivo en fermentación microbiana. Revista Colombiana de Biotecnología, 2023, vol. 25, no. 1, pp. 65–76. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/97355>