
Economía circular y residuos cerveceros. Estrategias de valoración de levaduras en Tandil, Argentina

Beer's wastes economic circular. Yeast valuation in Tandil, Argentina

Marcela Elsa Guerrero¹

Marcela Juliarena²

Fernando Ariel Guinirgo¹

María Carolina Verellen¹

Juan Pablo Conti³

Cristina Monteavaro³

¹Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA, Centro asociado CICPBA, Argentina.

²Centro de investigación veterinaria de Tandil (CIVETAN)- Centro científico tecnológico CONICET - Tandil (CCT TANDIL). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

³Sanidad Animal y Medicina Preventiva (SAMP), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Argentina.

E mail: emarguerr@gmail.com

Guerrero, M. E.; Juliarena, P; Guinirgo, F. A.; Verellen, M. C.; Conti, J.P.; Monteavaro, C. (2025) Economía circular y residuos cerveceros. Estrategias de valoración de levaduras en Tandil, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 13 (1), 6-20.

Recibido: 22/04/25 - **Aceptado:** 03/06/25 – **Publicado:** 18/07/2025

RESUMEN

Desde hace dos décadas la producción artesanal de cervezas cobró importancia en Tandil, una ciudad intermedia del SE de la Provincia de Buenos Aires, Argentina con 150.162 habitantes (INDEC, 2022). Se consideran los residuos derivados de la producción artesanal de cervezas de la Asociación de Cerveceros Artesanales de Tandil (ACAT). Para analizar ambientalmente el proceso se aplicó un Análisis Ciclo de Vida (ACV) a un caso típico. Se determinó el porcentaje obtenido de proteínas y se caracterizaron las levaduras residuales desde dos aspectos, el composicional principalmente su contenido en proteínas y su calidad microbiológica para determinar su potencial recuperación y reutilización como una estrategia de economía circular.

Como resultado se obtuvieron los flujos de residuos de derivados de esta producción tanto orgánicos sólidos, como líquidos y gaseosos. De la evaluación microbiológica de un caso representativo se determinó el porcentaje de proteínas obtenidos las levaduras residuales pueden ser utilizadas en suplementos dietarios para una variedad de especies animales en forma deshidratada. Retirar y recuperar una fracción todavía aprovechable de residuos derivados de la producción de cervezas evitaría su destino como efluente a tratar por los servicios públicos, reduciendo los costos de tratamiento, al tiempo que se constituiría en insumo para otras producciones aportando beneficios económicos, sociales y ambientales.

PALABRAS CLAVE: compromiso social y ambiental; gestión de efluentes líquidos; producción artesanal de cerveza; valoración de residuos y economía circular.

ABSTRACT

Over the past two decades, artisanal beer production has grown significantly in Tandil, a mid-sized city in southeastern Buenos Aires Province, Argentina (population: 150,162; INDEC, 2022). This study evaluates the environmental impact of waste generated by the Tandil Craft Brewers Association (ACAT) using Life Cycle Analysis (LCA) of a representative case. Solid, liquid, and gaseous waste streams were identified and characterized. Particular attention was given to residual yeast, which was analyzed for its protein content and microbiological quality to assess its potential for reuse. Results indicate that dehydrated residual yeast contains a substantial proportion of protein, making it suitable as a dietary supplement for various animal species. Recovering this by-product reduces the organic load on wastewater systems, lowers treatment costs, and supports circular economy strategies by repurposing waste into valuable inputs—delivering environmental, economic, and social benefits.

KEYWORDS: social and environmental commitment; liquid effluent management; craft beer production; waste assessment and circular economy.

INTRODUCCIÓN

A nivel global las cervezas artesanales se expanden a una tasa anual del 30% (Winkelman et al 2019). Registros de la industria cervecera artesanal argentina mostraban a inicios de los 2000 que la

industria había crecido a un ritmo de un 7 % en estrecha relación con el aumento de “pubs” y bares que promueven su consumo (Gutiérrez et al., 2002). En general las cervezas artesanales son un producto principalmente a base de cebada, que luego atraviesa las etapas de

malteo, maceración, cocción, fermentación y maduración, dando lugar a un producto natural. Dependiendo de las posibilidades y estilos de esas etapas, existe la posibilidad de la elaboración de una gran variedad de cervezas (Corro y Villalobos, 2010).

Es bastante generalizado que la producción de cerveza artesanal local no gestione los residuos líquidos que, en la mayoría de los casos, se vuelcan sin tratamiento previo al sistema de cloacas. A nivel ambiental ello representa efluentes líquidos con alto contenido de materia orgánica que genera cambios en los niveles de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DBQ), así como costos extras de gestión sanitaria para el Municipio. Debe decirse además, que la internalización de esas externalidades¹ se solventa a través de tasas sanitarias a los usuarios de los servicios de agua de red y cloacas que paradójicamente no generan dichos residuos. Se trata de un caso donde las externalidades ambientales no son internalizadas por parte de los productores que los generan, sino que son trasladados a la sociedad (Kapp, 1970).

Los tres principales residuos de la industria cervecera incluyen el grano sobrante de cerveza o bagazo derivado de la cocción, agua caliente y la levadura de cerveza residual. La eliminación de estos residuos es engorrosa para los productores y los sistemas de saneamiento, aunque son potencialmente aptos para su reutilización en la industria alimentaria. Dada su composición, pueden servir como un insumo para la producción de alimentos para animales y personas, ya sea como piensos, aditivos o suplementos alimenticios que reducen costos y son altamente nutritivos. Además, poseen potencial como materia prima barata para la extracción de compuestos valiosos

destinados a la industria alimentaria y otros procesos biotecnológicos como la producción de compuestos y enzimas (Rachwał et al, 2020).

La composición química de los desechos derivados de la cervecería puede variar ligeramente según el tipo y la calidad de los ingredientes utilizados y en función de las condiciones que prevalezcan durante cada paso del proceso de elaboración de la cerveza; sin embargo, siempre tienen un alto valor nutricional. Estas levaduras son ricas en carbohidratos, proteínas, fibras, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos y tienen un alto contenido de humedad, ya que 1/5 del agua utilizada en el proceso de elaboración de la cerveza se pierde en forma de residuos (Santos et al., 2003; Olajire, 2012). En ese sentido, Mathias et al (2015) indican que las levaduras contienen proteínas (49%), carbohidratos (40%), minerales y vitaminas (7%) y lípidos (4%). Además, la levadura de cerveza residual presenta un alto contenido de humedad, es decir, aproximadamente entre el 74% y el 86%. Dependiendo de la fuente, el valor del residuo mineral (cenizas) de la levadura residual está en el rango de 2% a 8,5% y su contenido de materia seca es de aproximadamente 10 a 16%.

En particular, las levaduras derivadas del proceso de producción cervecera son el insumo que consume y metaboliza los azúcares del mosto y los convierte en dióxido de carbono (CO₂) y alcohol en la etapa de fermentación. En general, hay sólo dos tipos de levadura aptos para la fabricación de cerveza, la *ale* (o de fermentación a alta temperatura) y la *lager* (o de fermentación a baja temperatura), de ello derivan una amplia variedad de cepas. Cada una de ellas otorga una característica especial y distintiva a la cerveza (Winkelman et al 2019).

¹ Externalidades son los costos ambientales o beneficios no incluidos en los precios de

mercado del bien o servicio. Se dicen que son fallos de mercado.

Saccharomyces cerevisiae es una de las levaduras utilizadas en la elaboración de cerveza, si bien existen diferentes cepas de acuerdo al estilo del producto a obtener, se conoce su gran potencial como probiótico en la alimentación humana y animal. Su composición en cuanto a proteínas de alto valor biológico, precursores de bases nitrogenadas, minerales, vitaminas principalmente del complejo B, representan un suplemento con alto poder nutritivo y una opción a considerar en los sistemas de producción animal (Suarez-Machin y Guevara Rodríguez, 2017). Además, desde el punto de vista sanitario *Sacharomyces cerevisiae* no representa efecto nocivo sobre la salud y contrariamente es fuente de vitaminas del complejo B, minerales como calcio, potasio, hierro, selenio y cromo y aminoácidos esenciales, precursores de alto valor biológico, que comprenden aproximadamente la mitad de su peso (Agrawal, et al 2023).

En el estudio de caso, aunque parte de las levaduras residuales son reutilizadas en uno o dos procesos de fermentación subsiguientes, la proporción que se desecha al ambiente continúa siendo alta y como representa una elevada demanda biológica de oxígeno (DBO) sería recomendable minimizar su vertido.

Se describen los alcances desarrollados en el contexto de un Proyecto de Investigación Orientado (PIO- UNICEN II) acreditado por la Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, destinado a caracterizar y analizar la gestión de los residuos derivados de la producción de cerveza artesanal en Tandil (Figura 1). Se considera el universo de las cervecías de la Asociación de Cerveceros Artesanales de Tandil (ACAT) conformada en 2019 y que reúne a una veintena de productores de diferente

escala y con diversidad de estrategias de producción y comercialización. Y se toma un caso típico de esta asociación.

Bajo este contexto se plantearon como objetivos generales: 1. Identificar, y medir las emisiones gaseosas, líquidas y sólidas de las diferentes etapas de producción artesanal de cerveza en Tandil y 2. Evaluar la recuperación y puesta en valor en una cadena productiva alimenticia de levaduras residuales derivadas de la fermentación en la producción de cerveza artesanal local/regional como materia prima en la elaboración de suplementos dietarios.

Re-direccionar el flujo de residuos líquidos derivados de la producción cervecera, y en especial de las levaduras representa un potencial a recuperar y re-valorizar desde un enfoque de economía circular. La economía circular (EC) se ha introducido en los últimos diez años como una herramienta para disminuir la contaminación ambiental. Dentro del ciclo de vida de un producto la EC actúa como un instrumento que impulsa mejor la extracción de la materia local, induce al uso de energías renovables, utiliza aditivos naturales en la elaboración de un producto y, por último, fomenta el rediseño y el ecodiseño de materiales y productos para que circulen de manera cíclica e innovadora a través nuevas técnicas de diseño industrial, impulsando diferentes sectores económicos de la industria (Méndez Valdés, 2023). En el caso de las levaduras residuales es una opción ya que estas una vez empleadas en el proceso de fermentación siguen viables y pueden ser reutilizables en la elaboración de alimentos que requieran fermentación, como así también insumo en forma deshidratada en otros productos aportándoles valiosos nutrientes.

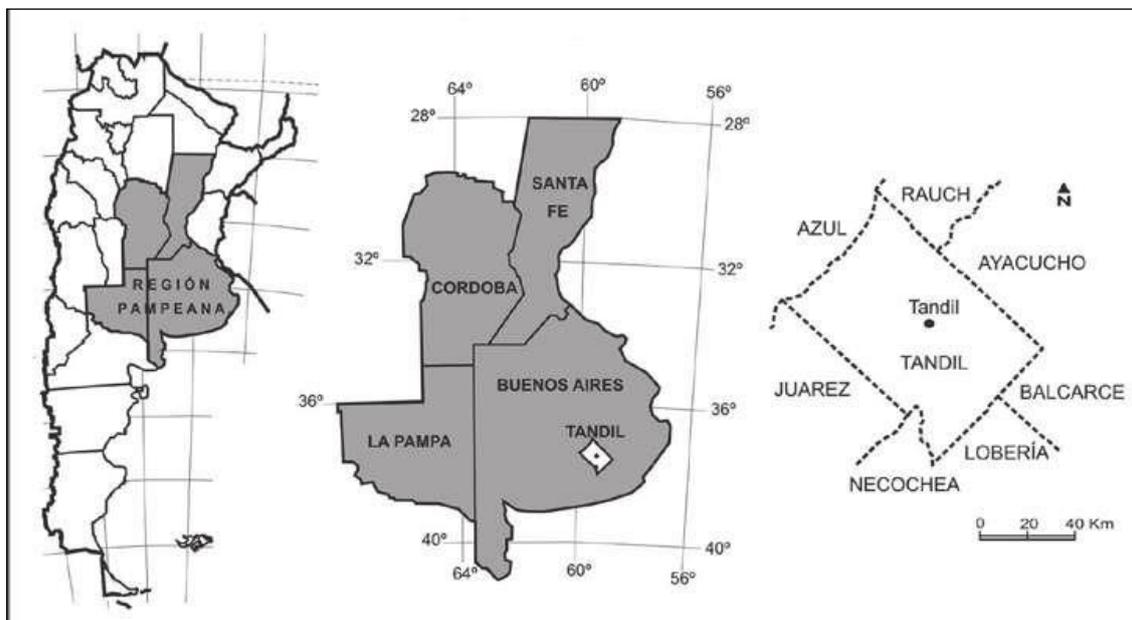


Figura 1. Localización geográfica de Tandil, en la Provincia de Buenos Aires y en Argentina

Fuente: (Nogar (2010))

Complementariamente se considera que identificar y analizar puntos críticos en la gestión ambiental de la producción local de cerveza favorecerá la gestión ambiental de los productores ACAT, al tiempo que alentará el desarrollo de estrategias con impacto social y ambiental de recuperación de algunos residuos generados como las levaduras y bagazo que son los efluentes sólidos más importantes en cantidad y los más investigados del proceso de elaboración de cerveza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para analizar el proceso productivo e identificar puntos ambientales críticos se empleó la metodología de Análisis de ciclo de Vida (ACV) que evalúa los aspectos e impactos ambientales potenciales asociados a un producto, en este caso a un caso típico local. También permite compilar o inventariar las entradas y salidas del sistema de producción. Una

vez realizado el inventario, fue posible evaluar los impactos ambientales potenciales de las entradas y salidas seleccionadas (Martínez et al., 2013). Con recurso al ACV se contabilizó la cantidad de agua requerida a lo largo del proceso de producción de cerveza artesanal estilo "honey" para la producción local. La figura 2 sintetiza la producción de cerveza e identifica los flujos jerarquizando el agua como elemento de análisis.

La información empleada se corresponde al caso de un productor de cerveza artesanal local que lleva un registro exhaustivo de las cantidades de materiales y energía de su producción, y cuyos volúmenes resultan representativos respecto a otros productores de cerveza artesanal de Tandil. En función de la disponibilidad de datos se realizó el recorte del ciclo considerando solo los procesos que se realizan al interior de la planta y que se sintetizan en la figura 2. Quedan por fuera etapas previas (malterías) y posteriores (envasado,

consumo, disposición final). Además de los registros inventariados por el productor se realizaron visitas a la planta en el momento de elaboración utilizando diferentes técnicas: entrevista al

productor, observación directa (cocción), documental (archivos, recibos) y registro de datos a partir de ficha de procesos (fotografías).

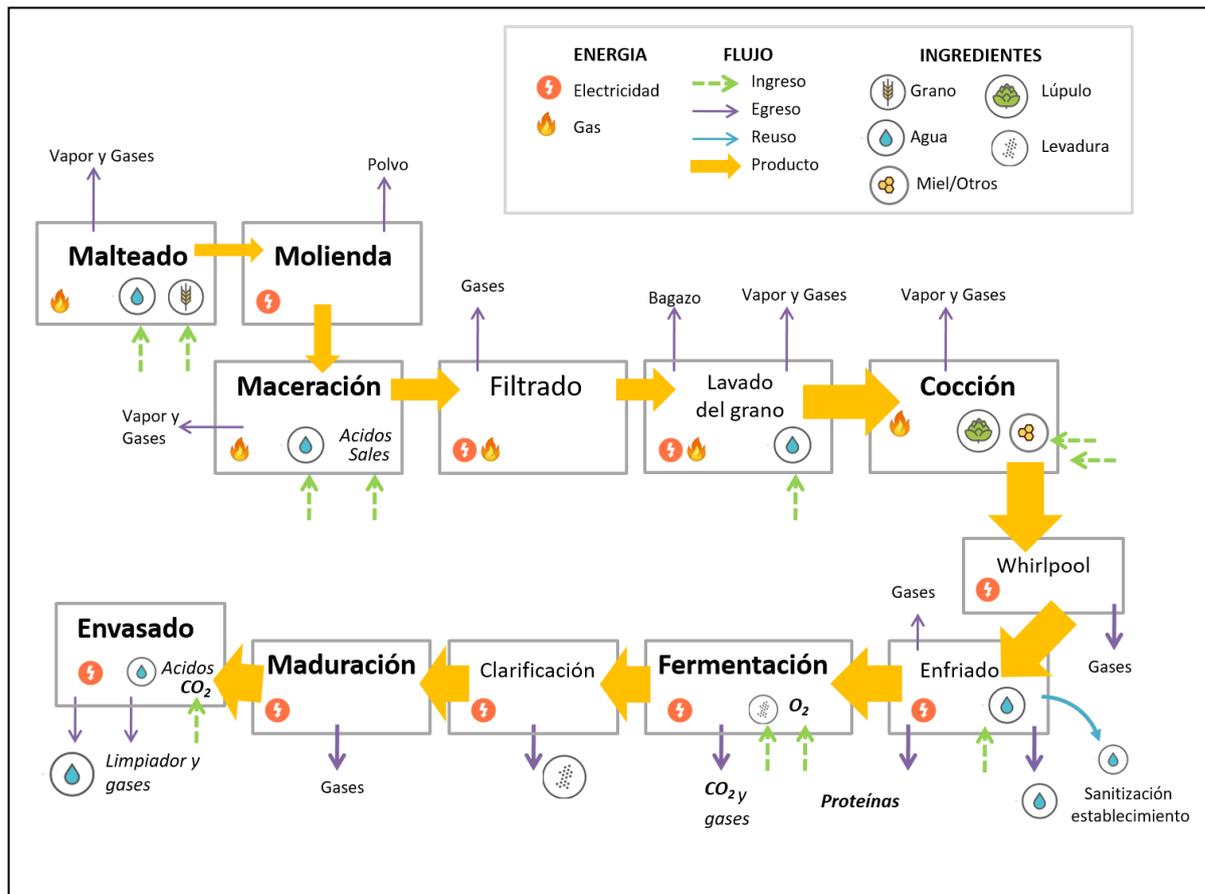


Figura 2. Análisis del ciclo de vida de la cerveza artesanal
 Fuente: elaboración propia

Respecto a la toma de muestras de levaduras residuales: se consideró que derivado del proceso de fermentación se obtiene la "crema" que es una suspensión densa de levaduras residuales viables. Esa crema no es homogénea, y a partir del cono fermentador, es posible detectar 3 porciones. La porción con mayor calidad de viabilidad es la parte media y es de donde se obtuvieron las muestras a analizar. Una parte de este producto es reutilizado para el próximo proceso de elaboración de cerveza, otra parte se

aparta para el control de la calidad microbiológica, conteo y cálculo de la concentración de levadura y el resto se descarta.

El control microbiológico se realizó sembrando en placas de Petri, determinando la presencia de coliformes y mesófilos totales. Para ello se tomaron 4 muestras de la crema (1, 2, 3, 4) con un intervalo de 2 minutos de flujo de salida del cono de fermentación. Cada muestra se dividió en 4 submuestras para ser sometidos a los 4 tratamientos térmicos

propuestos para la inactivación pero que mantenga la calidad composicional (A; B; C; D).

De cada submuestra se realizó una siembra para el conteo de viables y conteo en cámara de Neubauer para determinar la correlación entre ambos métodos. El conteo de viables se realizó mediante diluciones 1:10, 1:100, 1:1000 con solución fisiológica y cada una por duplicado en Agar para el Recuento de mesófilos aeróbicos (Laboratorio Britania) incubadas por 36 h a 35°C. Mientras que para el control de coliformes, se sembró en agar Mac Conkey por 36 h a 35°C, y para las bacterias ácido lácticas microaerófilas en agar M.R.S por 36 h a 35 °C.

En el caso del conteo directo en cámara de Neubauer se realizó una dilución con solución fisiológica formolada al 0,5% 1:10, 1:100.

Las submuestras fueron sometidas a procedimientos diferenciados como sigue:

RESULTADOS Y DISCUSION

El empleo del software SimaPro permitió la caracterización ambiental de la gestión de recursos y efluentes de una producción bajo el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de la producción, es decir identificando datos físicos de insumos, energía, agua, emisiones y efluentes de la producción de cerveza para un caso local. Esta información permite diagnosticar criticidades en la gestión ambiental de la unidad productiva e identificar flujos de residuos.

En relación al agua que se emplea en la elaboración de cerveza local en su mayoría proviene de la red de Obras Sanitarias Tandil (OST), y generalmente

- Submuestra 1: se colocó en autoclave y se sometió a 1 atmósfera de presión durante 15 minutos (Tratamiento A)
- Submuestra 2: se colocó en una olla a presión doméstica, y cuando la pesa indique presión se bajará la intensidad de calor y dejar actuar 15 minutos (Tratamiento B)
- Submuestra 3: Se colocó en baño maría en ebullición durante 30 minutos (Tratamiento C)
- Submuestra 4: se sometió a 65°C en una estufa de secado por 15 minutos (Tratamiento D).

Luego del tratamiento térmico, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se realizó el control de calidad microbiológico sembrando una ansada en placas de agar Saboureaud, se incubó a 28°C durante 48 hs. Posteriormente se realizó el análisis composicional en el Laboratorio de análisis de alimento de la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV, UNCPBA).

se trata de agua potable con algún acondicionamiento-ablandador por las características de presencia de sales y dureza del recurso subterráneo local. Mientras que el destino final de las aguas residuales (efluentes) finaliza en el sistema de cloacas (OST) ya que la mayoría de los emprendimientos están localizados en el área urbana, caracterizadas por una escala de producción artesanal y sin sistema de tratamiento de efluentes propio. La instalación de estas producciones es regulada por el Plan de Desarrollo Territorial local (PDT, 2005).

La figura 2 indica las entradas de agua en el sistema en las etapas de: maceración, lavado del grano, enfriado; y las salidas en las etapas de: enfriado, sanitización

² El PDT es el Plan de Ordenamiento Territorial que regula usos de suelos y establece que tipo de actividades se pueden desarrollar en las diferentes áreas de suelo urbano en la

provincia de Buenos Aires bajo la ley 8912/1977 y fue aprobado por la Provincia en 2005.



(limpieza de instalaciones y equipos) y envasado. A partir de considerar las diferentes entradas, se estimó que el volumen de agua que se utiliza en todo el proceso es de 13,45 litros de agua/litro de cerveza, siendo cerca del 23% lo que se reutiliza dentro del establecimiento. Respecto a las etapas que consumen mayor cantidad de agua en todo el proceso se encuentran el enfriado y la limpieza de las instalaciones (44,61% y 22,30%, respectivamente), seguidas por la etapa de envasado/ limpieza de barriles (11,15% en total) y el lavado del grano (10%) que genera como residuo el bagazo. Cabe señalar que el productor considerado para este análisis realiza prácticas para minimizar el volumen de agua utilizada, recirculando una parte del agua utilizada en el enfriado -proceso que mayor consumo requiere- destinándola a distintas tareas de sanitización, como lavado de instalaciones, equipos y barriles.

Al igual que otras industrias alimenticias, la producción de cervezas artesanales requiere de insumos materiales y energéticos, y dependiendo de las condiciones de gestión ambiental que se apliquen pueden causar varios efectos e impactos ambientales negativos. En el caso de las cervezas, el agua es uno de los insumos más importantes que necesita esta producción. Interesan los volúmenes implicados directamente, como los derivados de la gestión de efluentes que conllevan impactos ambientales y consecuentemente económicos significativos dado los grandes volúmenes utilizados. Duek y Fasciolo (2014) identificaron para Mendoza, Argentina, coeficientes de consumo de agua de 3,8 y 4,5 litros de agua por litro de cerveza elaborada. Ello incluye tanto el "agua consumida" como "extraída", siendo aproximadamente el 75% del agua total que corresponde a efluente. Por su parte, Vassolo y Döll (2005) presentan coeficientes entre 3,4 y 25 litros de agua

por litro de cerveza elaborada con un promedio de 9,5 litros, y la Beverage Industry Environmental Roundtable (Roundtable, 2011) propone un rango comprendido entre los 3,44 y 9,13 litros de agua por litro de cerveza producida. Las etapas de mayor consumo son en la etapa de cocción y la de enfriamiento (19 - 36 %) y (18 - 23 %) respectivamente, le sigue el embotellado (7 - 19 %), (Rivera et al. 2007). Por su parte si se considera otro indicador como huella hídrica, los resultados muestran que para la elaboración de un hectolitro de cerveza se genera una huella hídrica de 63,10 a 129,51 m³ de consumo de agua, donde de 62,65 a 129,20 m³ son de agua verde, 0,12 a 0,16 m³ son de agua azul y de 0,06 a 0,71 m³ son de agua gris (Perea Eguía, 2021).

Queda pendiente indagar cuánto representan en términos monetarios esos costos extra de sanear las aguas residuales de gestión municipal que son las principales receptoras de los efluentes derivados de la producción local.

También resultan críticos los Gases Efecto Invernadero (GEI) derivados de las emisiones directas de las etapas de elaboración, y de las emisiones indirectas asociadas a la producción de materias primas y el transporte. Numerosos estudios de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) concluyen que la producción de cerveza tiene un impacto ambiental en el consumo de energía y en la contribución ambiental relacionada con el calentamiento global. Una evaluación ponderada de todos los impactos de Talve (2001, p: 297) muestra que el aporte al calentamiento global es el factor ambiental más importante en la elaboración de cervezas, ya que contribuye a aproximadamente un tercio del total GEI del ciclo de vida (Cordella et al. 2008 p: 139).

En relación a los residuos sólidos orgánicos asociados a esta producción, brevemente señalar que el de mayor

volumen es el bagazo derivado de la etapa de cocción que generalmente se recupera como alimento para producciones porcinas locales de diferente escala. El otro residuo orgánico que interesa son las levaduras, que en una fracción pequeña se reutilizan dentro del mismo establecimiento para la siguiente fermentación, pero que en su gran mayoría conforman los efluentes líquidos residuales más importantes.

Para ello se realizó una evaluación microbiológica de la calidad de las levaduras residuales para detectar posibles contaminaciones. Su recuperación es una asignatura pendiente, y evaluar la factibilidad para recuperarla

como insumo en suplementos dietarios para animales. De la crema obtenida del fermentador se obtuvo en promedio $1,48 \times 10^9$ levaduras/g de crema. Estas levaduras mostraron alta viabilidad (promedio 84%, rango 81 – 86,8 %). En la crema no se observó crecimiento de microorganismos mesófilos aeróbicos en agar recuento incubadas por 36 h a 37°C, ni de bacilos Gram negativos en agar Mac Conkey por 36 h a 37°C, ni de bacterias ácido lácticas microaerófilas en agar M.R.S por 36 h a 37 °C, en microaerofilia. Tampoco se observó en agar Sabouraud glucosado por 7 días a 28°C, crecimiento de otras especies de hongos diferente a *Saccharomyces cerevisiae*.



Figura 3. Muestras de levaduras (crema de la fermentación y muestra lavada)

Y en la evaluación de las condiciones microbiológicas de las levaduras como insumo de producción de alimento animal se obtuvieron resultados favorables, con parámetros aceptables y recomendables para el uso en esas producciones. Con respecto a los

resultados de proteína bruta los porcentajes presentaron variaciones por los diferentes tratamientos térmicos, sin embargo, se mantienen en un rango de contenido proteico recomendables como suplemento dietario (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de proteína bruta y materia seca de levadura residual sometida a diferentes tratamientos térmicos de inactivación

Columna1	Materia Seca (%)	Proteína Bruta (%)
A1	17,3	37,8
A2	15,8	38,7
A3	20,3	39,8
A4	17,4	38
B1	15,9	39
B2	17,2	38,8
B3	15,2	37,9
B4	16,3	39,1
C1	13,8	37,5
C2	16,2	38,4
C3	17,3	36,8
C4	17,5	37,5
D1	16,9	72,5
D2	17,8	50,4
D3	18,1	45,8
D4	18,4	49,2

Fuente: Muestreo realizado en 2020.

A, B, C, D Diferentes tratamientos térmicos

1, 2, 3,4 Diferentes intervalos de toma de muestra.

Estas levaduras residuales tienen potencial por su alto contenido mineral y pueden tener efectos beneficiosos en otras ramas de la industria alimentaria, incluida la confitería, la industria láctea y la producción de bebidas, como zumos e hidromiel. Además, se han aplicado con éxito en la industria de la panadería para la producción de harina (Rakowska et al., 2017). Se ha descubierto que la adición de levaduras residuales a los alimentos es beneficiosa, ya que presenta propiedades probióticas (Borchani et al., 2016). Puede utilizarse para formular nuevos productos alimenticios y complementos alimenticios ricos en vitaminas del complejo B, minerales (selenio, cromo) y compuestos polifenólicos con actividad antioxidante (Coldea et al., 2017; Podpora et al., 2016). Las proteínas de las levaduras residuales pueden reemplazar a las proteínas de soja como ingrediente de snacks, y su mayor digestibilidad es una ventaja adicional (Ferreira et al., 2010).

Rakin, Baras & Vukasinovic (2004) obtuvieron resultados que confirman que el extracto de levadura de cerveza tiene un efecto estimulante sobre la actividad acidificante y el crecimiento de las bacterias ácido lácticas. En concordancia con los valores obtenidos y también con los datos de la literatura (Dimitrijevic-Brankovic, et al 2001; Arastratam, 1996; Carr, et al, 2002).

La influencia positiva del autolisado de levadura de cerveza se puede explicar ya que contiene muchos nutrientes y biofactores utilizados por la mayoría de los microorganismos, especialmente aquellos como las bacterias del ácido láctico, que dependen de fuentes orgánicas de nitrógeno, y vitaminas, especialmente las del grupo B. (Baras (2000) Dziezak, (1987), Carr, et al 2002).

Pancrazio et al. (2016) sostienen que la utilización de estas levaduras como aditivos proteicos no cárnicos es una práctica común para reducir costos de

producción, mejorar la textura o aumentar el rendimiento en la industria cárnica (Dutra et al., 2012). Además, se ha estudiado el uso de aditivos no cárnicos ricos en proteínas, como leche desnatada en polvo, caseinato de sodio y suero (EllekjÆR et al., 1996, Yetim et al 2006). Estos autores concluyeron que la adición de estos ingredientes era económicamente ventajosa porque disminuía las pérdidas por cocción, mejoraba la estabilidad y las características de textura de las carnes

cocidas, como la fuerza de unión y la firmeza.

Estas levaduras residuales también han sido utilizadas para fortificar pasteles veganos con un mayor contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos (Coldea et al., 2017). Rachwał, et al, 2020 identificaron productos alimenticios derivados de la reutilización de bagazos y levaduras residuales empleados como insumo o aditivos. En la tabla 2 se sintetizan antecedentes e información referida al uso de levaduras residuales como insumos en diferentes productos.

Tabla 2. Antecedentes de re-utilización de levaduras residuales en la industria alimenticia

Productos con levadura de cerveza residual como aditivo alimentario	Referencias
<ul style="list-style-type: none"> • Mayonesa con β-glucano de levadura residual como sustituto de grasas • Panes • Torta vegana • Jamón cocido con extracto 1%BSY • Aderezo francés para ensalada con manoproteína de BSY • sustitutos de la carne • Jugo de zanahoria y remolacha con autolisado de BSY 	<p>Worrasinchai et al. (2006)</p> <p>Martins et al. (2015) Coldea et al. (2017)</p> <p>Pancrazio et al. (2016) Mello et al. (2015)</p> <p>Gibson & Dwivedi (1970) Rakin, Baras & Vukasinovic (2004) and Rakin et al. (2007)</p>

Fuente: Rachwał et al, 2024

Desde el punto de vista de seguridad alimentaria, las levaduras residuales de la producción de cerveza son reconocidas como seguras ya que tienen buenas características nutricionales, son ricas en aminoácidos, péptidos, nucleótidos y otros componentes solubles (Chae et al., 2001, Vieira et al., 2020), aunque indican que el uso está poco difundido, y que se usan básicamente como alimento animal debido a su alto contenido proteico (Ferreira et al., 2010). Respecto a los extractos de

levadura están recibiendo cada vez más atención como potenciadores del sabor en salchichas fermentadas bajas en sodio y productos cárnicos curados y también en salsas, jugos, sopas, patatas fritas y galletas saladas (Campagnol et al., 2011). En especial y referido a su uso como suplemento de la dieta animal, González Suarez y Pérez Pérez (2014) concluyen que las levaduras de cerveza actúan directamente en los metabolitos que alimentan los microorganismos ruminales,

estimulando el metabolismo especialmente de la población celulítica. Además, se aumenta la producción de Ácidos Grasos Volátiles y se altera la relación acetato/propionato, lo que genera un aumento del PH que permite reducir el riesgo y la severidad de la digestión y el flujo de proteínas microbianas al duodeno, proporcionando grandes valores de nutrientes al hospedero (ternero) aumentando el aprovechamiento de los forrajes y así repercutiendo en un mayor desempeño productivo de carne, ganancia de peso y leche.

En Argentina también hay un interés creciente en la reutilización de estas levaduras como insumo para la producción de alimento balanceado para animales. Sampaolesi (2020) estableció que es posible reutilizar estos residuos sólidos, de considerable valor nutritivo, como materia prima para la producción de alimento balanceado para animales y para ello abordó de forma amplia la caracterización de levaduras cerveceras con potencial para ser empleadas como aditivo alimenticio en pequeños establecimientos avícolas.

CONCLUSIONES

Fue posible caracterizar en una matriz de Ciclo de vida los volúmenes de agua utilizados en la producción de cerveza y caracterizar los efluentes líquidos con alto contenido de materia orgánica. Es posible afirmar que el agua empleada es una de las salidas ambientales más crítica a gestionar en la producción de cervezas a nivel local. Y en particular sería necesario calcular cuánto representa en términos económicos y sociales la gestión municipal de esos efluentes.

En relación a las levaduras residuales, los resultados obtenidos son favorables para el uso en suplementos dietarios para animales en congruencia con los derivados de la literatura de referencia y pueden ser una oportunidad tecnológica de economía circular destinada a valorizar los subproductos de la industria alimentaria para la producción de productos químicos, materias primas y otros compuestos de valor añadido (Helkar, Sahoo & Patil, 2016)

Por lo tanto y de acuerdo a los resultados obtenidos del rango de proteína bruta demuestran ser un insumo apropiado para ser incorporado como suplemento dietario en las formulaciones nutricionales para animales de producción y de compañía.

BIBLIOGRAFIA

Agrawal, D., Gopaliya, D., Willoughby, N., Khare, S. K., & Kumar, V. (2023). Recycling potential of brewer's spent grains for circular biorefineries. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 40, 100748.

Arastratam, V., Senthuran, A. Balasubramaniam, K (1996). *Enzyme Microb. Technol.* 19 (1996) 482–486. 23. F. J.

Baras, J. (2000) *Optimisation of Manner for Production and Application of Brewer's Yeast Autolysate and Hydrolysate*, Federal Ministry of Science, Development and Ecology, Belgrade.

Borchani, C, Fonteyn, F, Jamin, G, Destain, J, Willems, L, Paquot, M, Blecker, C, & Thonart, P. (2016). Structural characterization, technological functionality, and physiological aspects of fungal β -d-glucans: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56:1746–1752 DOI 10.1080/10408398.2013.854733.

Campagnol, P. C. B., dos Santos, B. A., Wagner, R., Terra, N. N., & Pollonio, M. A. R. (2011). The effect of yeast extract addition on quality of fermented sausages at low NaCl content. *Meat science*, 87(3), 290-298.

Carr, D. Chill, N. Maida, (2002) *Crit. Rev. Microbiol.* 28. 281–370.

Chae, H. J., Joo, H., & In, M. J. (2001). Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics. *Bioresource technology*, 76(3), 253-258.

Coldea, T. E., Mudura, E., Rotar, A. M., Cuiibus, L., Pop, C. R., & Darab, C. (2017). Brewer' s spent yeast exploitation in food industry.

Cordella, M., Tugnoli, A., Spadoni, G., Santarelli, F., & Zangrando, T. (2008). LCA of an Italian lager beer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 133-139.

Corro, M. L., & Villalobos, V. V. (2010). Control automático con lógica difusa de la producción de cerveza artesanal en las etapas de maceración y cocción. *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 125-137.

Dziezak, J. D. (1987). Yeast and Yeast Derivates: Definitions, Characteristics and Processing. *Food Technol*, 41, 104-114.

Dimitrijević-Branković, S., & Baras, J. (2001). Comparative study on biochemical activity of the intestinal isolates *Lactobacillus* sp. V3 and *Bifidobacterium* sp. A71 in different substrates. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 66(9), 581-589.

Duek, A. E., & Fasciolo, G. E. (2014). Uso de agua en industrias de elaboración de conservas de tomate y de durazno de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 46(1), 0-0.

Dutra, M.P.; Cardoso, G.P., Ramos, E.M.; Ramos, A.D.S, Pinheiro; A.C.M; & Fontes, P.R. (2012). Technological and sensory quality of restructured low-fat cooked ham containing liquid whey *Ciencia e Agro-tecnologia*, 36 (1) (2012), pp. 86-92.

Ellekjær, M. R., Næs, T., & Baardseth, P. (1996). Milk proteins affect yield and sensory quality of cooked sausages. *Journal of food science*, 61(3), 660-666.

Ferreira, MPLVO, Pinho, O, Vieira E, & Tavarela, JG. (2010). Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends in Food Science & Technology* 21:77–84 DOI 10.1016/j.tifs.2009.10.008.

Gibson DL, & Dwivedi, BK. (1970). Production of meat substitutes from spent brewers' yeast and soy protein. *Canadian Institute of Food Technology Journal* 3:113–115 DOI10.1016/S0008-3860(70)74291-8.

González Suárez, M. I., & Pérez Pérez, O. (2014). Evaluación de un suplemento nutricional a base de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) para ganancia de peso en terneros de la granja experimental de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Gutiérrez, A., Elizondo, A., Días, A., Rousseau, I., Roa, R., Álvarez, M., & Tissone, M. (2002). Cervezas Artesanales: características fisicoquímicas y microbiológicas-comparación con cervezas industriales. Industrialización de Alimentos. *Industrialización de Alimentos. 4º Jornadas de desarrollo e Innovación. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Argentina.*

Helkar PB, Sahoo AK, & PatilNJ. (2016). Review: food industry by-products used as a functional food ingredients. *International Journal of Waste Resources* 6:248–253.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (2022). <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-165>

Kapp, K. W. (1970). Environmental disruption and social costs: a challenge to economics. *Kyklos*, 23(4), 833-848.

Martínez M., Guillerm J., Delgado S., & Juan C. (2013). Evaluación del ciclo de vida del aceite de motor como producto sostenible en los Santanderes. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178, 4 (1).

Martins ZE, Erben M, Gallardo AE, Silva R, Barbosa I, Pinho O, & Ferreira IMPLVO. (2015). Effect of spent yeast fortification on physical parameters, volatiles and sensorial characteristics of home-made bread. *International Journal of Food Science & Technology* 50:1855–1863

Mathias, T. R. D. S., Alexandre, V. M. F., Cammarota, M. C., de Mello, P. P. M., & Sérvulo, E. F. C. (2015). Characterization and determination of brewer's solid wastes composition. *Journal of the Institute of Brewing*, 121(3), 400-404. Mathias, T. R. D. S., Alexandre, V. M. F., Cammarota, M. C., de

Melo ANF, Souza EL, Silva Araujo VB, & Magnani M. 2015. Stability, nutritional and sensory characteristics of French salad dressing made with mannoprotein from spent brewer's yeast. *LWT - Food Science and Technology* 62:771–774 DOI 10.1016/j.lwt.2014.06.050.

Méndez Valdes, M. A. (2023). *Valorización de los residuos de la industria cervecera para contribuir a la economía circular en Cataluña* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Nogar, G. (2010). Pequeñas localidades rurales, cambios globales y conocimiento local: Estudios comparados en América Latina. *Mundo agrario*, 11(21), 00-00.

Olajire AA (2012). The brewing industry and environmental challenges. *J Clean Prod* 1–21

Pancrazio, G., Cunha, S. C., de Pinho, P. G., Loureiro, M., Meireles, S., Ferreira, I. M., & Pinho, O. (2016). Spent brewer's yeast extract as an ingredient in cooked hams. *Meat science*, 121, 382-389.

Perea Eguía, P (2021) Huella de carbono e hídrica de la producción de cerveza artesanal de Tijuana. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias, Tijuana Baja California

Podpora B, Swiderski F, Sadowska A, Rakovska R, & Wasiak-Zys G. 2016. Spent brewer's yeast extracts as a new component of functional food. *Czech Journal of Food Sciences* 34:554–563 DOI 10.17221/419/2015-CJFS.

Rachwał K, Waśko A, Gustaw K, & Polak-Berecka M. 2020. Utilization of brewery wastes in food industry. *PeerJ*, 2020, vol. 8, p. e9427. <http://doi.org/10.7717/peerj.9427>

Rachwał, K., Gustaw, K., & Sadok, I. (2024). Enhancing Food Sustainability through Probiotics Isolated from Fermented Cauliflower. *Sustainability* (2071-1050), 16(19).

Rakin, M, Baras, J, & Vukasinovic M. 2004. The influence of brewer yeast autolysate and lactic acid bacteria on the production of a functional food additive based on beetroot fermentation. *Food Technology and Biotechnology* 42:105–109.

Rakin M, Vukasinovic M, Siler-Marinkovic S, & Maksimovic M. (2007). Contribution of lactic acid fermentation to improved nutritive quality vegetable juices enriched with brewer's yeast autolysate. *Food Chemistry* 100:599–602 DOI10.1016/j.foodchem.2005.09.077.

Rakowska, R., Sadowska, A., Dybkowska, E., & Swiderski, F. (2017). Spent yeast as natural source of functional food additives. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68(2).

Rivera A., González J., Martínez J. M., & Terry C. C. (2007). "Manual para la gestión eficiente del agua en la industria alimentaria", Editorial: Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ISBN 978-959-7003-19-9, Viena, Austria.

Roundtable, B. I. E. (2011). A practical perspective on water accounting in the beverage sector. *Beverage Industry Environmental Roundtable*.

Sampaolesi, S. (2020). *Estudio de las propiedades tecnológicas, antimicrobianas, antifúngicas y secuestrantes de aflatoxina de los subproductos de la industria cervecera artesanal y su potencial como aditivo en la alimentación para aves* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

Santos, M., Jiménez, J. J., Bartolomé, B., Gómez-Cordovés, C., & Del Nozal, M. J. (2003). Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry*, 80(1), 17-21.

SimaPro. Method: Eco-Indicator '95, Europe g. PRe Consultants

Suarez-Machin, C. & Guevara-Rodríguez, C.A. (2017) Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. *ICIDCA sobre derivados de la caña de azúcar* 51(2) Mayo-agosto 2017: 21-30

Talve, S. (2001). Life cycle assessment of a basic lager beer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6, 293-298.

Vassolo, S., & Döll, P. (2005). Global-scale gridded estimates of thermoelectric power and manufacturing water use. *Water Resources Research*, 41(4).

Vieira, A. C., Pereira, A. C., Marques, J. C., & Reis, M. S. (2020). Multi-target optimization of solid phase microextraction to analyse key flavour compounds in wort and beer. *Food chemistry*, 317, 126466.

Winkelman, B., Colino, E., & Martín Civitaresi, H. (2019). El sistema agroalimentario localizado de la cerveza artesanal de San Carlos de Bariloche, Argentina. *RIVAR* (Santiago), 6(18), 34-58.

Worrasinchai S, Suphantharika M, Pinjai S, & Jamnong P. (2006). β -Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food Hydrocolloids* 20:68–78 DOI10.1016/j.foodhyd.2005.03.005.

Yetim, H. Müller, W. D., Dogan, M., & Klettner P. G. (2006). Using fluid whey in comminuted meat products: Effects on textural properties of frankfurter-type sausages *Journal of Muscle Foods*, 17 (3) (2006), pp. 354-366.