

## De desecho a alimento: Aprovechamiento del residuo cervecero en la nutrición animal.

Anahí Esquivias-Fierro<sup>a</sup>, Emmanuel Méndez-Córdova<sup>b</sup>, Leonardo Chávez-Guerrero<sup>a\*</sup>, José Gerardo Uresti-Porras<sup>b</sup>, Eden Amaral Rodríguez-Castellanos<sup>a</sup>, Luis Alberto Sumuano-Barragán<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Ave. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 6645 5. México.

<sup>b</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Cañada, 66050 Cdad. Gral. Escobedo, N.L. México

\*Email: [leonardo.chavezgr@uanl.edu.mx](mailto:leonardo.chavezgr@uanl.edu.mx)

Anahí del Carmen Esquivias Fierro <https://orcid.org/0009-0006-9056-4644>

Emmanuel Méndez Córdoba <https://orcid.org/0009-0000-7117-9480>

Leonardo Chávez Guerrero <https://orcid.org/0000-0002-6186-2240>

José Gerardo Uresti Porras <https://orcid.org/0000-0001-6713-6373>

Edén Amaral Rodríguez Castellanos <https://orcid.org/0000-0002-4917-7435>

Luis Alberto Sumuano Barragán <https://orcid.org/0000-0003-1322-1569>

Recibido 01 de Octubre de 2024, Aceptado 17 de Diciembre de 2024

### Resumen

La industria cervecera produce grandes volúmenes de residuos, conformados principalmente por los granos de malta empleados en la elaboración de la cerveza, los cuales representan una fuente potencial de nutrientes. La presente investigación explora la viabilidad de utilizar estos desechos para producir proteína en polvo destinada al consumo de pollos y pellets de fibra para alimentación de rumiantes. Los desechos recolectados de una cervecera local se sometieron a un proceso para la obtención de la proteína, que incluye deshidratación, molienda y secado. La concentración de proteína extraída del proceso mencionado anteriormente es del 17.5%, la cual puede ser mezclada con el alimento convencional para pollos de engorda en una proporción de entre 10% y 24%, dependiendo de la semana de producción en la que se encuentra el animal. El alimento convencional para pollos de engorda contiene entre 17% y 22% de proteína cruda, según la etapa de crecimiento del ave. En pruebas realizadas con pollos de engorda, se añadió un 10% (con el fin de evaluar la palatabilidad) de esta proteína junto con su alimento regular, lo cual fue aceptado sin problemas. Se planean estudios adicionales para determinar el impacto en el crecimiento, salud y eficiencia alimenticia, así como para evaluar la factibilidad económica de su implementación a mayor escala en la industria avícola. Por otro lado, los pellets de fibra se produjeron mediante un proceso de compactación y extrusión de los restos de malta. Los resultados indican que los desechos de la industria cervecera pueden ser eficientemente transformados en productos de alto valor. La proteína en polvo tiene el potencial de ser una alternativa viable en la dieta animal y humana, mientras que los pellets de fibra ofrecen una opción equilibrada tanto en términos nutricionales como económicos. La valorización de los desechos cerveceros para la producción de proteína en polvo y pellets de fibra representa una estrategia prometedora para el cuidado ambiental y la eficiencia en el uso de recursos. Se recomienda la realización de estudios adicionales para optimizar los procesos de esta tecnología.

**Palabras clave:** cebada, proteína, fibra, valorización de biorresiduo.

### Abstract

The brewing industry produces large volumes of waste, consisting primarily of malt grains used in beer production, which represent a potential source of nutrients. This research explores the feasibility of using this waste to produce protein powder for chicken consumption and fiber pellets for ruminant feed. Waste collected from a local brewery underwent a protein extraction process that includes dehydration, grinding, and drying. The protein concentration extracted from the process is 17.5%, which can be mixed with conventional broiler feed in a ratio of 10% to 24%, depending on the animal's week of production. Conventional broiler feed contains between 17% and 22% crude protein, depending on the bird's growth stage. In trials with broiler chickens, 10% of this protein was added (to evaluate palatability) along with their regular feed, which was readily accepted. Additional studies are planned to determine the impact on growth, health, and feed efficiency, as well as to assess the economic feasibility of larger-scale implementation in the poultry industry. Fiber pellets were produced through a compaction and extrusion process of malt residues. The results indicate that brewing industry waste can be efficiently transformed into high-value products. Protein powder has the potential to be a viable alternative in animal and human diets, while fiber pellets offer a balanced option in both nutritional and economic terms. Valorizing brewing waste to produce protein powder and fiber pellets represents a promising strategy for environmental protection and resource efficiency. Further studies are recommended to optimize the processes of this technology.

**Keywords:** barley, protein, fiber, biowaste valorization

## 1. Introducción.

En la actualidad, la economía circular se presenta como una alternativa eficiente y respetuosa con el medio ambiente frente al modelo tradicional de economía lineal. En lugar de "usar y desechar", la economía circular busca aprovechar los residuos y subproductos de diversas actividades económicas para darles una segunda vida. Es esencial aclarar la diferencia entre un residuo y un subproducto. Aunque ambos son materiales resultantes de un proceso productivo, su destino y utilidad son distintos. Un subproducto es aquel que, sin necesidad de ser sometido a procesos adicionales, puede tener un nuevo uso. Un residuo, por el contrario, ha cumplido su función y no puede ser reutilizado sin algún tratamiento previo [1].

La economía circular maximiza el uso de los subproductos, prolongando su vida útil y reduciendo la generación de residuos. En algunos casos, se han llegado a implementar tecnologías para recuperar y valorizar estos subproductos, ampliando sus posibles aplicaciones [2]. Esto puede ser importante en sectores como la agricultura y la industria, donde grandes cantidades de desechos pueden ser reutilizadas, disminuyendo el impacto ambiental y mejorando la eficiencia de los recursos. Dentro del ámbito agroalimentario, encontramos ejemplos claros de subproductos que pueden ser utilizados como alimentos nutritivos para el ganado. Ya sean las cáscaras de frutas, residuos de carne y rastrojos de cultivos por mencionar algunos de ellos [3] [4] [5]. Esta práctica no solo reduce el volumen de desechos que termina en vertederos, sino que también satisface la creciente demanda de alimentos para animales [2]. De este modo, los subproductos, a menudo malinterpretados como residuos sin valor, adquieren una nueva utilidad.

Un caso representativo de esta estrategia circular es el aprovechamiento de subproductos generados por la industria cervecera. México, es un gran productor de cerveza. Según los datos de Cervecedores de México (Cámara de la Cerveza), en 2021 se produjeron 134.7 millones de hectolitros de cerveza en el país, situando a México como el cuarto productor de cerveza a nivel mundial [6]. Sin embargo, como en toda industria de transformación, la producción de cerveza genera un alto volumen de residuos, siendo el residuo de malta de cerveza (RMC) el más abundante.

Durante la producción de cerveza, el bagazo, un residuo fibroso obtenido tras la molienda y maceración de la cebada, constituye el principal subproducto. La

fibra, como nutriente, favorece el funcionamiento del rumen al contribuir a su llenado, estimular sus contracciones y mantener condiciones óptimas, como el pH [10] [11]. Ambas funciones están influenciadas por la composición, la capacidad de degradación y el formato en que se encuentra la fibra. Sin embargo, su presencia tiene una desventaja: debido a su baja digestibilidad, se reduce el valor energético en las raciones y limita la ingesta potencial [12]. Por ello, el balance adecuado en las raciones debe considerar un nivel de fibra que no comprometa ni la eficiencia alimenticia ni la salud ruminal.

La malta cervecera, lejos de ser un simple desecho, es rica en fibra y proteína, convirtiéndola en un recurso valioso para la nutrición animal. Se estima que en 2021 México generó alrededor de 2,694 millones de kilogramos de RMC, con un alto potencial para su incorporación tanto en dietas animales como en productos para consumo humano [7] [8]. Además, este subproducto también puede ser transformado en biocombustibles, ampliando así su ciclo de aprovechamiento y fortaleciendo la sostenibilidad industrial [9].

Este estudio propone la valorización del RMC con su transformación en proteína en polvo y *pellets* de fibra para rumiantes. Plantea que la proteína extraída de la malta puede ser utilizada como suplemento alimenticio para pollos de engorda. Además, los *pellets* de fibra obtenidos de la malta residual se presentan como una opción viable para la alimentación de ganado rumiante, cerrando el ciclo de aprovechamiento de recursos y contribuyendo a una economía más eficiente y sostenible.

## 2. Materiales y Métodos

El bagazo de cervecera fue provisto por la empresa Principia (Monterrey, Nuevo León, México). Se conservó su temperatura a 80 °C en un autoclave. Posteriormente, se procesó en una prensa de aceite donde se obtuvieron dos productos: un líquido y *pellets*. Ambos se llevaron a secar dentro de un horno de secado a 50 °C durante 8 h y 2 h respectivamente.

## 3. Resultados y Discusión

Para evitar el crecimiento de hongos y bacterias, fue necesario mantener una elevada temperatura en el desecho utilizado. Sin embargo, una vez terminado el proceso cervecero, el desecho puede ser utilizado inmediatamente, evitando el uso de un proceso

intermedio, es decir, se omite el uso de la autoclave, obteniendo un menor costo de operación.

En la Figura 1 se observa la imagen obtenida por microscopía electrónica de barrido (MEB) que muestra la morfología del residuo de malta cervecera (RMC) tras un proceso de separación. En la imagen se identifican distintas fracciones del material: estructuras fibrosas (celulosa y hemicelulosa), gránulos de almidón no digerido, restos de proteína y presencia de nano celulosa. Esta imagen evidencia la complejidad estructural del RMC y su potencial para la recuperación de compuestos de valor agregado, como fibras dietéticas, proteínas funcionales y nanopartículas de celulosa con posibles aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica o de biomateriales.

En el procesamiento se utilizó 1 kilogramo de bagazo, que presentó un contenido inicial de humedad del 82%. Al procesarlo se obtuvieron dos compuestos (Figura 2). El primero, un semisólido con un 60% del peso, es decir, 600 gr; y el segundo un sólido con un 39% del peso inicial mayormente formado por fibra. Se comprobó que la fracción semisólida está compuesta por una solución acuosa rica en maltosa, mientras que el 39% restante corresponde a una fase con alto contenido proteico.

Según previas investigaciones (Tabla 1), se han determinado los principales componentes del bagazo cervecero, proporcionando un panorama sobre su composición. La fibra (y especialmente en los forrajes), dentro de los sistemas de producción animal, es un elemento importante en la mayoría de las raciones. No obstante, mientras que los niveles óptimos de proteína (15-18%), grasa (4-7%) y cenizas (8-10%) están bien establecidos, la fibra neutra se incorpora en márgenes mucho más amplios (25-45%) [13]. Esta variabilidad podría responder a diferencias en las demandas

energéticas del ganado, pero también refleja, en muchos casos, la carencia de información clara sobre cómo afecta a la productividad y a su aprovechamiento nutricional [14].

En la tabla 2 se muestran los resultados bromatológicos obtenidos. Donde, se observa una humedad del 8.42% de la fracción sólida obtenida después del secado, lo que indica que el material está relativamente seco, haciéndolo favorable para su conservación y almacenamiento. Por otra parte, el porcentaje de cenizas refleja la fracción mineral del residuo cervecero, con un valor moderado del 3.88%, lo que indica la presencia de minerales como calcio, fósforo y magnesio, que pueden ser de beneficio en la alimentación animal. El extracto libre de nitrógeno (ELN) está compuesto principalmente por carbohidratos solubles, como azúcares y almidones, los cuales representan la mayor fuente de energía en este subproducto. El ELN (53.22% BS) supera el 30-40% típico en forrajes, lo que sugiere un alto potencial energético, pero su aprovechamiento dependerá de la digestibilidad de la FDN.

El extracto etéreo representa la fracción de grasas y lípidos. Un valor de 5.33% llega a indicar la presencia de aceites o compuestos grasos que pueden aportar energía a la dieta de los animales. La fibra cruda corresponde a la fracción de celulosa y otros polisacáridos no digeribles, presenta un valor de 11.90% lo que favorece la digestión en rumiantes, aunque podría limitar su uso en monogástricos como aves o cerdos. Finalmente, la proteína, calculada como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6.25, tiene un valor de 17.25%, lo que sugiere que el residuo cervecero es una buena fuente de proteína, especialmente útil en la alimentación de rumiantes y aves.

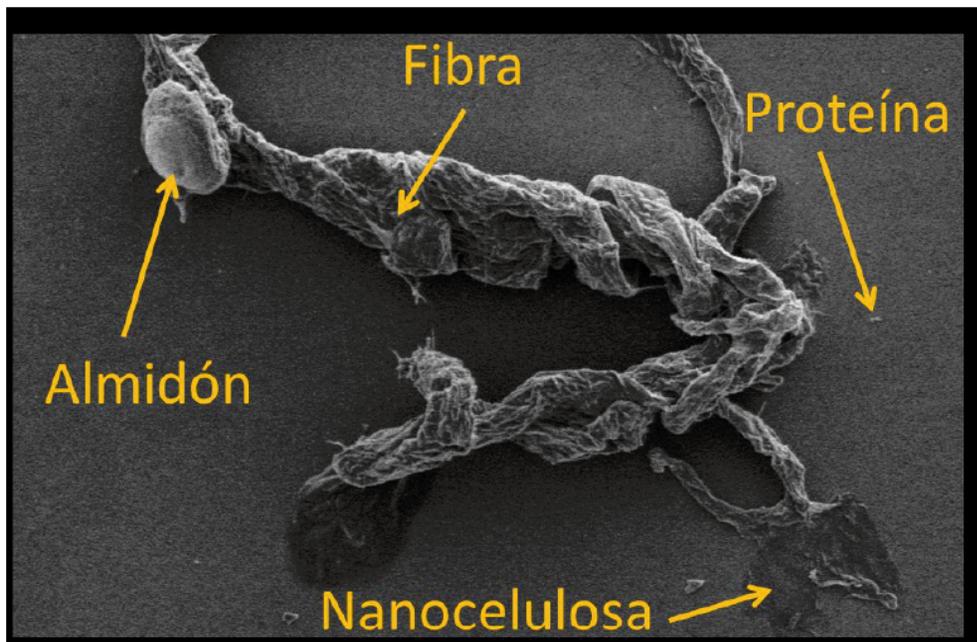


Figura 1. Imagen MEB de la microestructura del producto obtenido.

Tabla 1 Composición química de los desechos cerveceros reportada en la literatura (%base seca).

COMPONENTE	Kanauchi (2001) [15]	Carvalho et al. (2004) [16]	Robertson et al. (2010) [17]	Meneses et al. (2013) [18]
Proteínas (%)	24	No reportada	20 – 24	24.7
Celulosa (%)	25.4	25.3	No reportada	21.7
Hemicelulosa (%)	21.8	41.9	22 – 29	19.2
Lípidos (%)	10.6	No reportada	No reportada	No reportada
Cenizas (%)	2.4	4.6	No reportada	4.2

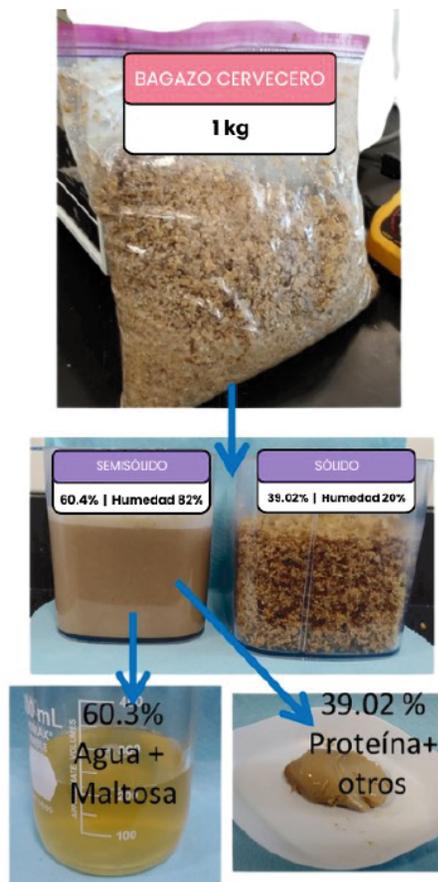


Figura 2. Diagrama de composición del bagazo después del procesamiento

Tabla 2 Composición química de los desechos cerveceros según análisis bromatológico (% base seca).

Parámetro	Resultado	Unidades	±U
		<b>Base seca (BS)</b>	
Humedad (%)	8.42	%	0.0131
Cenizas (%)	3.88	%	0.3423
ELN (%)	53.22	%	---
Extracto etéreo (%)	5.33	%	0.1930
Fibra cruda (%)	11.90	%	2.1235
Proteína (%)	17.25	%N x 6.25	0.0963

#### 4. Conclusión

La reutilización de subproductos como el residuo de malta de cerveza no solo reduce el impacto ambiental, sino que también ofrece alternativas viables para la producción de alimentos de alta calidad para animales. Estos avances en la economía circular representan un paso importante hacia una industria más responsable y comprometida con el uso eficiente de los recursos.

Este residuo cervecero obtuvo un buen balance entre proteína y energía (alto ELN y contenido proteico), por lo que es un insumo interesante para la formulación de dietas en alimentación animal. Asimismo, su contenido de fibra sugiere que es más adecuado para rumiantes que para monogástricos, y con la humedad baja es favorable para su conservación. Sin embargo, si se almacena por mucho tiempo, es recomendado un secado adicional para evitar fermentaciones no deseadas.

Los posibles beneficios económicos del uso de proteína a base de residuos de cerveza son significativos, ya que permite reducir los costos de producción al utilizar un subproducto que de otro modo sería desechado. Al integrar estos residuos en la alimentación animal, las empresas pueden disminuir su dependencia de ingredientes convencionales más caros, lo que mejora la eficiencia en la cadena de producción. Además, la valorización de este subproducto puede abrir nuevas oportunidades de negocio, generando una fuente adicional de ingresos y contribuyendo a la rentabilidad a largo plazo.

A futuro, se prevé que más investigaciones y desarrollos tecnológicos mejorarán la eficiencia de estos procesos, ampliando el alcance de la economía circular y fomentando la eficiencia en diversas industrias. Con el objetivo de optimizar el rendimiento, las raciones deben formularse, manteniendo los principios fundamentales de la simbiosis ruminal.

##### 5. Agradecimientos

A cervecería Principia, por la donación del bagazo y la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo brindado y el uso de las instalaciones.

##### Referencias

- [1] ONU-Habitat, «Día Mundial del Hábitat 2018: Gestión de residuos sólidos municipales.» Organización de las Naciones Unidas, 2018.
- [2] B. S. V. DE LUCIO, E. M. H. DOMÍNGUEZ, L. A. M. PÉREZ y J. Á. CERVANTES, «VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: OPORTUNIDADES Y RETOS PARA LOGRAR UNA ECONOMÍA CIRCULAR,» de *Bioeconomía en Latinoamérica: desafíos para la sostenibilidad y el desarrollo. Volumen 3*, Guadalajara, Jalisco, Universidad de Guadalajara, 2024, pp. 4 - 23.
- [3] E. V. Pedraza, J. A. V. Guerrero, J. C. Valdivia, E. T. Chayña, J. R. C. Turpo y W. V. P. Neira, «Alternativa de bloques multinutricionales a base de subproductos agroindustriales para la suplementación de ganado lechero en pastoreo en la provincia del Alto Amazonas, Loreto.» *Journal of the Selva Andina Animal Science*, vol. 10, n° 12, pp. 88-95, 2023.
- [4] H. Jalal, M. Giammarco, L. Lanzoni, M. Z. Akram, L. M. E. Mammi, G. Vignola, M. Chincarini, A. Formigoni y I. Fusaro, «Potential of Fruits and Vegetable By-Products as an Alternative Feed Source for Sustainable Ruminant Nutrition and Production: A Review,» *Agriculture*, vol. 13, n° 2, p. 286, 2023.
- [5] D. Malenica, M. Kass y R. Bhat, «Sustainable Management and Valorization of Agri-Food Industrial Wastes and By-Products as Animal Feed: For Ruminants, Non-Ruminants and as Poultry Feed,» *Sustainability*, vol. 15, n° 1, p. 117, 2023.
- [6] C. d. l. c. y. d. l. malta, «Cerveceros de México,» 07 09 2024. [En línea]. Available: <https://cervecerosdemexico.com/revistas/reporte-enero-marzo-2022.pdf>.
- [7] B. Barja Obando y F. Martínez Solaris, «Barra de cereal a partir del bagazo de malta de cebada

- cervecera artesanal.» *Energía*, vol. 100, n° 335, p. 43, 2022.
- [8] S. Chaturvedi, A. Verma, S. K. Sethi, S. M. Rangappa y S. Siengchin, Stalk fibers (rice, wheat, barley, etc.) composites and applications, Woodhead Publishing, 2022, pp. 347-362.
- [9] M. S. Reza, J. Taweekun, S. Afroze, S. A. Siddique, M. S. Islam, C. Wang y A. K. Azad, «Investigation of thermochemical properties and pyrolysis of barley waste as a source for renewable energy.,» *Sustainability*, vol. 15, n° 2, p. 1643, 2023.
- [10] L. Llonch, L. Castillejos y A. Ferret, «Increasing the content of physically effective fiber in high-concentrate diets fed to beef heifers affects intake, sorting behavior, time spent ruminating, and rumen pH.,» *Journal of Animal Science*, vol. 98, n° 6, p. skaa192, 2020.
- [11] A. F. D. Toledo, A. P. D. Silva, Barbosa, F. V. L., R. D. F. Barboza, I. C. R. Oliveira, E. D. Marino, D. M. Polizel y C. M. Bittar, «Forage sources in total mixed rations on rumen fermentation, gut fill, and development of the gastrointestinal tract of dairy calves.,» *Scientific Reports*, vol. 14, n° 1, p. 30762, 2027.
- [12] D. R. Mertens, «Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function,» *J. Anim. Sci.*, vol. 64, n° 5, pp. 1548-1558, 1987.
- [13] P. J. V. Soest, Nutritional Ecology of the Ruminant, 2da ed., New York: Cornell University Press, 2018.
- [14] M. S. Allen, «Review: Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: integration of homeostasis and homeorhesis,» *Animal*, vol. 14, n° S1, pp. s55-s64, 2020.
- [15] O. Kanauchi, K. Mitsuyama y Y. Araki, «Development of a functional germinated barley foodstuff from brewer's spent grain for the treatment of ulcerative colitis.,» *J. Am. Soc. Brew. Chem.*, vol. 59, pp. 59-62, 2001.
- [16] F. Carvalheiro, M. Esteves, J. Parajó, H. Pereira y F. Girio, «Production of oligosaccharides by autohydrolysis of brewery's spentgrain,» *Bioresour. Technol.*, vol. 91, pp. 93-100, 2004.
- [17] J. A. Robertson, K. J. A. I'Anson, J. Treimo, C. B. Faulds, T. Brocklehurst, V. G. Eijsink y K. W. Waldron, «Profiling brewers'spentgrain for composition and microbial ecology at the site of production,» *LWT Food Sci. Technol.*, vol. 43, p. 890-896, 2010.
- [18] N. G. Meneses, S. Martins, J. A. Teixeira y S. I. Mussatto, «Influence of extraction solvents on the recovery of antioxidantphenolic compounds from brewer's spent grains,» *Sep. Purif. Technol.*, vol. 108, p. 152-158, 2013.

- [19] J. E. Nocek, «Complexed trace mineral program  
on performance of lactating dairy cattle,» Report.  
TB D-9460, 1994.