

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS SOSTENIBLES PARA EL
APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL SUERO LACTEO**

NARDA YULIETH RODRÍGUEZ CÁRDENAS

DIRECTOR PROYECTO: ING. YUDDY ALEJANDRA CASTRO ORTEGON

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS, COLOMBIA

MAESTRÍA EN MANEJO Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

DICIEMBRE, 2023

INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los productos que contienen mayor valor nutricional y has sido a lo largo de la historia de la humanidad un producto clave para la alimentación diaria de la especie humana, lo que ha convertido a la industria láctea en una de las más importantes a nivel global (Cossio Colque & Chipana Mendoza , 2022). Esta industria genera diferentes residuos, entre los cuales el que más se destaca es el lactosuero, por su diversidad de afectaciones que genera al ambiente, y por la nueva gama de alternativas para su aprovechamiento que están siendo objeto de estudio alrededor del mundo.

El suero lácteo se puede definir como la parte acuosa de color amarillo verdoso de la leche (suero) que queda cuando se separa la cuajada durante la elaboración del queso. De acuerdo con (Zandona, Blažić, & Režek Jambrak, 2021), representa alrededor del 85-90% del volumen de leche y contiene alrededor del 55% de los nutrientes de la leche. Diferentes autores tales como (Ramírez Navas , 2012) mencionan que el lactosuero es el principal coproducto de la industria lechera y establece que este es resultante de los procesos de precipitación y remoción de la caseína de la leche en la cadena de producción del queso, la caseína o productos con características similares.

Dependiendo del proceso empleado para coagular la leche, se derivan dos grandes tipos de suero: el dulce que se obtiene por coagulación enzimática y el ácido que resulta del proceso de acidificación ya sea natural o mediante ácidos orgánicos (Bernal Aldana, 2022). El suero ácido comúnmente contiene niveles más altos de ceniza y niveles más bajos de proteína en comparación con el suero dulce, lo que limita sus aplicaciones en la industria alimentaria y, por lo tanto, lo hace más difícil de utilizar (Mano, Liu, Hammond, Currie, & Stephanopoulos, 2020).

En general, el contenido promedio de residuo seco de suero lácteo está dado por un 70 % de lactosa, que puede variar de acuerdo con la acidez del suero, un 14 % de proteínas, 9 % de minerales, 4 % de grasas y 3 % de ácido láctico (Zavadlav , Kralj, Šarić, & Blažić , 2018). Lo anterior demuestra que el lactosuero es un producto rico en proteínas y nutrientes. De hecho, contiene más del 50% de los sólidos presentes en la leche y de acuerdo con (Ramírez Navas , 2012) tiene propiedades depurativas, desintoxicantes, regeneradoras y también es un potenciador del sistema inmune.

A pesar de sus atributos, el suero lácteo no es bien aceptado en el mercado, puesto que sus características no le permiten ser un producto de consumo directo para el ser humano (Ramírez

Navas , 2012), además que está regulada su adición a la leche en todas las etapas de la cadena productiva, en países como Colombia (Resolución 616 de 2006). Según los datos más recientes entre 180 y 190 millones de toneladas de lactosuero se producen a nivel mundial por año en la industria láctea con un crecimiento promedio anual de aproximadamente el 2% (Kant Verma, y otros, 2023). Colombia ocupa el puesto # 11 en producción de leche, según datos del año 2019 se reportó que más de 7300 millones de litros de leche cruda fueron producidos. El país cuenta con 4 macrocuencas lecheras (Cundinamarca, Antioquia, Boyacá y Caquetá. Específicamente en cuanto a lactosuero se refiere, Colombia ocupa el tercer lugar en lactosuero generado con un valor de 2033 millones de toneladas por año (Bernal Aldana, 2022).

Del valor total de lactosuero generado, se estima que el 47% termina arrojado en cuerpos de agua, reduciendo la flora y fauna acuática, o en el subsuelo generando graves problemas de eutrofización. Por cada kl de queso, se fabrican alrededor de 9L de efluente (85-90% del volumen de la leche), siendo el suero uno de los contaminantes ambientales de mayor preocupación no solo en el país sino a nivel mundial más severos (Motta Correa & Mosquera, 2015). De acuerdo a diferentes caracterizaciones fisicoquímicas realizadas a los efluentes del suero, se ha comprobado que es altamente contaminante por sus valores de DQO (60000-80000 mg/L) y DBO (30000-50000 mg/L O₂) lo que hace que su degradación sea complicada (Karim & Aider, 2022).

Por lo anteriormente mencionado, es claro que existe una problemática que gira entorno a los deficientes esfuerzos por aprovechar este subproducto. Sin embargo, la tendencia en el aumento de estudios por identificar las alternativas para su utilización y convertirlo en un producto de valor agregado para distintas industrias, está creciendo, y es así como se han investigado procesos para aprovechar los componentes del lactosuero entre los cuales se destaca la obtención de energía, ácidos grasos, ácidos orgánicos, alcoholes a partir de la fermentación; elaboración de bebidas energizantes y embriagantes, bactericidas, obtención de biomasa; biogás, biopolímeros, entre otros (Bernal Aldana, 2022).

En este sentido, el objetivo de la presente investigación es analizar alternativas sostenibles para el aprovechamiento industrial del suero lácteo, a partir de una revisión exhaustiva en fuentes bibliográficas y bases de datos. Para alcanzar este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos: caracterizar las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suero lácteo e identificar las características y elementos propios de cada una de las alternativas investigadas.

METODOLOGIA

La metodología que se llevará a cabo será de tipo aplicada, la cual es aquella que utiliza los conocimientos adquiridos de una determinada temática en la práctica, para aplicarlos en provecho de los grupos que participan en esos procesos y en la sociedad en general, además del bagaje de nuevos conocimientos que enriquecen la disciplina. En este caso, se pretende recolectar diversas fuentes de información a partir de una revisión bibliográfica del tema de estudio, con miras a analizar diferentes alternativas para el aprovechamiento industrial del suero lácteo y de este modo como resultado esperado aportar a la resolución de la problemática que se presenta actualmente, a través de la identificación y caracterización de diferentes opciones de aprovechamiento de este subproducto y que pueda servir como guía de referencia para las empresas que conforman el sector lechero en el país.

POSIBLES IMPACTOS

- **Económico:** Creación de un nuevo subproducto que es considerado un desecho en la industria láctea, fortaleciendo la economía circular
- **Social:** Generación de empleos y toma de consciencia
- **Ambiental:** No más contaminación al agua, aire y suelo ni alteraciones a los procesos biológicos

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se justifica en la medida que es de suma importancia identificar y analizar alternativas y procesos de carácter sostenible que permitan darle un segundo uso al lactosuero generado en la industria lechera, la cual en un país como Colombia es una de las más amplias e importantes para la economía y para la alimentación de los ciudadanos. Es fundamental reconocer la ineficiencia del lactosuero en general revela una gran problemática debido a la contaminación ya que para su descomposición se solicita una alta demanda biológica debido a su gran contenido de nutrientes.

De acuerdo con (Zhou, Hua, Huang, & Xu, 2019) los estudios sobre la conversión del suero lácteo en productos económicamente viables con valor agregado siguen aumentando. Alrededor del 50 % del suero de queso se retiene como proteína de suero de leche que se puede utilizar en varios suplementos alimenticios para humanos y animales, mientras que el filtrado (permeado de suero de leche, rico en lactosa) se desecha como agua residual y causa un efecto nocivo para el medio ambiente debido a su alta carga orgánica.

La investigación y los estudios sobre bioplásticos ahora pueden avanzar gradualmente en la dirección de la viabilidad industrial mientras se mantiene un enfoque en la búsqueda de los métodos de producción más efectivos y eficientes, así como en cerrar la brecha en el rendimiento mecánico con los plásticos derivados del petróleo y explorar aplicaciones más innovadoras (Khattab, Esmael, Farrag, & Ibrahim, 2021) lo anterior, se justifica por la razón que uno de los productos que se pueden obtener del lactosuero son los bioplásticos.

Finalmente, es importante reconocer para la agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible fue adoptado como una plataforma política global clave para abordar muchos de los desafíos actuales en sus dimensiones económicas, sociales, ambientales y de seguridad política interconectadas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática ambiental se encuentra ligada al no aprovechamiento del suero especialmente en países latinoamericanos como Colombia, el cual al ser considerado como un desecho y no como un subproducto, provoca afectaciones al ambiente en particular al recurso de agua y suelo, por el vertimiento sin previo tratamiento de este a los cuerpos hídricos y por la infiltración en la matriz edáfica.

Es importante reconocer que esta problemática nace debido a dos grandes causas: la primera está relacionada con las malas prácticas ambientales llevadas a cabo en la industria lechera para la correcta disposición y/o aprovechamiento del suero lácteo. Lo anterior se debe principalmente a que la gestión de esta clase de residuos, su tratamiento o disposición final puede ser costosa ya que contiene altas concentraciones de lactosa, proteínas y grasas lo que dificulta su eliminación segura. Por eso es recomendable la producción de productos secundarios.

La segunda causa es el poco conocimiento acerca de la existencia de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del suero lácteo en las empresas lecheras. A pesar de que el suero contiene muchos nutrientes fermentables, como lactosa, ácido láctico, proteínas y lípidos (Blazeck, y otros, 2014) se estima que su utilización es solo del 75 % en Europa y menos del 50 % en el resto del mundo (Macwan, Dabhi, Parmar , & Aparnathi, 2016).

Las anteriores causas provocan la problemática anteriormente mencionada, la cual trae consigo una serie de efectos directos de carácter negativo al ambiente. Por un lado, se tiene el aumento en la contaminación ambiental al recurso hídrico. Se conoce que durante el proceso de producción de lácteos como el queso quedan grandes cantidades de suero, que contiene altas concentraciones de nutrientes y compuestos orgánicos con valores de DBO entre 35 y 45 g/L y DQO entre 60 y 80 g/L (Bernal Aldana, 2022). Además, otro efecto resultante es la contaminación del suelo, de acuerdo con (Ramírez Navas , 2012) en la mayoría de las fábricas queseras en Latinoamérica, un escaso porcentaje de lactosuero es empleado como alimento para animales y el resto se vierte en efluentes, originando la contaminación de la matriz edáfica.

Considerando la problemática existente, se hace necesario identificar alternativas de aprovechamiento industrial para el lactosuero con el fin de reducir los efectos nocivos descritos previamente.

CONCLUSIONES

El suero o lactosuero es un subproducto de la producción de queso y demás productos lácteos que durante mucho tiempo fue considerado un desperdicio y se desechaba de manera poco sostenible. Sin embargo, en los últimos años, se ha reconocido su valor como materia prima para la industria alimentaria. Una de las conclusiones principales es que el aprovechamiento industrial del lactosuero puede contribuir a reducir el impacto ambiental de la industria láctea al convertir un residuo en un recurso útil.

El lactosuero contiene una variedad de componentes valiosos, como lactosa, proteínas, minerales y vitaminas, que pueden ser recuperados y utilizados en la producción de diferentes productos alimentarios. Por ejemplo, la lactosa puede ser procesada y convertida en jarabe de lactosa, que se utiliza como edulcorante en alimentos y bebidas. Las proteínas del lactosuero, como la lactoalbúmina y la lactoglobulina, tienen propiedades funcionales y nutricionales, y se utilizan en la formulación de alimentos y suplementos dietéticos.

REFERENCIAS

- Cossio Colque, Y., & Chipana Mendoza , G. J. (2022). Aprovechamiento industrial del suero lácteo. (U. M. Facultad de Agronomía, Ed.) *Revista Estudiantil en Producción, Transformación y Comercialización Agropecuaria – CIPyCOS,, Vol. 1*(núm. 2), 40-45.
- Khattab, A., Esmael, M., Farrag, A., & Ibrahim, M. (2021). Structural assessment of the bioplastic (poly-3-hydroxybutyrate) produced by *Bacillus flexus* Azu-A2 through cheese whey valorization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 190, 319-332.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.090>
- Macwan, S., Dabhi, B., Parmar , S. C., & Aparnathi, K. D. (2016). Whey and its Utilization. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 5(8), 134-155.
- Zandona, E., Blažić, M., & Režek Jambrak, A. (2021). Whey Utilization: Sustainable Uses and Environmental Approach. *Food Technol Biotechnol*, 59(2), 147-161.
doi:10.17113/ftb.59.02.21.6968
- Accardo, F., Prandi, B., Terenziani, F., Tedeschi, T., & Sforza, S. (2023). Evaluation of in vitro whey protein digestibility in a protein-catechins model system mimicking milk chocolate: Interaction with flavonoids does not hinder protein bioaccessibility. *ScienceDirect*.
- Aider Kaci, F. A., Aidarbekova, S., & Aider, M. (2023). Impact of electro-activated whey on growth, acid and bile resistance of *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG and *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356. *Heliyon*.

- Aldana, A. S. (2022). Aplicaciones y tecnologías utilizadas para el aprovechamiento del suero lácteo, la producción del suero en solvo, derivados y sus aplicaciones en la industria en general de alimentos. *Repository.UNAD*.
- Ayed, L., M'hir, S., & Asses, N. (2023). Sustainable whey processing techniques: Innovations in derivative and beverage production. *ScienceDirect*.
- A'yun, Q., Coghe, K., Rebry, F., & Hidayat, C. (2023). Probing the improved heat stabilizing capacity of dry heat conjugated whey protein in oil-in-water emulsions: A microrheological study. *ScienceDirect*.
- Blazeck, J., Hill, A., Liu, L., Knight, R., Miller, J., Pan, A., . . . Alper, H. S. (2014). Harnessing *Yarrowia lipolytica* lipogenesis to create a platform for lipid and biofuel production. *Nature Communications*, 5(20). doi:10.1038/ncomms4131
- Brito, H., Santillán , A., Arteaga , M., Ramos , E., Villalón, P., & Rincon , A. (2015). Using Whey as a Energy Drink to Minimize Environmental Impact. *Researchgate*.
- Buenaventura Mancera, C. P., & Riveros Moreno, E. T. (1999). Aprovechamiento del suero de la mantequilla en la elaboración de mazada mazada . *Ciencia.lasalle*.