



Lactosuero: un residuo con oportunidad biotecnológica en la agricultura

Jorge Álvarez-Cervantes^{1*}
Edna María Hernández-Domínguez¹
Virginia Mandujano-González²

¹Ingeniería en Biotecnología, Cuerpo Académico Manejo de Sistemas Agrobiotecnológicos Sustentables, Universidad Politécnica de Pachuca, Zempoala 43830, Hidalgo, México

²Ingeniería en Biotecnología, Laboratorio Biotecnología, Universidad Tecnológica de Corregidora, Santiago de Querétaro 76900, Querétaro, México

*Autor para correspondencia: 85acjorge@gmail.com, jorge_ac85@upp.edu.mx, +52 791 1000 209

El lactosuero se obtiene durante la elaboración de diferentes quesos. Por su composición química, es necesario realizar un tratamiento para que, al momento de ser descargado, no cause daños al medio ambiente. Una alternativa de su uso es en la agricultura, ya que representa una fuente de nutrientes para los microorganismos del suelo, así como para las plantas durante su crecimiento.

Introducción

La industria láctea genera una gama de productos a partir de la transformación de la leche. Entre los productos que se obtienen, se destacan: leche, queso, mantequilla, yogur y bebidas fermentadas. El gusto por estos alimentos se debe a su sabor, consistencia, aporte nutricional y beneficios en la salud. Para atender la alta demanda de estos productos a nivel mundial por el aumento de la población, se ha incrementado la producción en la industria láctea y, por lo tanto, la generación de subproductos o residuos agroindustriales; siendo el lactosuero, un residuo de la industria alimentaria que se produce en altas cantidades a nivel mundial y que es altamente contaminante si no se le realiza un tratamiento adecuado. Por ello, hoy te vamos a presentar un poco acerca de este residuo y cómo podemos valorizar su recuperación para su posible uso en la agricultura mediante procesos biotecnológicos, amigables con el medio ambiente.





La industria quesera a nivel mundial, utiliza como principal materia prima la leche, la cual, se puede obtener de cabra, oveja y vaca; siendo el ganado vacuno, a nivel comercial, el de mayor uso y aporte. Dependiendo del proceso que se realice en la obtención de los derivados de la leche, siempre se obtendrá un líquido amarillento comúnmente conocido como lactosuero, suero de leche o suero de queso el cual, es considerado como el principal residuo de la industria quesera; se ha reportado que por cada 10 L de leche se obtienen de 1 a 2 kg de queso y de 8 a 9 L de lactosuero.

Pero ¿sabes cómo se obtiene?

Durante la elaboración del queso, una proteína presente en la leche llamada caseína se coagula y se separa del agua dando origen al lactosuero (Figura 1), por su composición, contiene agua, azúcar (lactosa), proteína, grasa y sales minerales. Las altas cantidades de estos componentes hacen que este residuo sea altamente contaminante para cuerpos de agua, suelo, flora y fauna. Es decir, por la falta de tecnología para su recuperación, el lactosuero es descargado en cuerpos de agua como ríos, lagunas, drenaje o alcantarillado sin algún tratamiento (Figura 2). La falta de conciencia por las industrias y el poco aporte económico de las mismas para implementar estrategias de tratamiento del lactosuero, han originado severos problemas ambientales en las regiones que se utilizan para su descarga.



Figura 1. Elaboración de queso Oaxaca y obtención de lactosuero, el cual se muestra en la imagen como un líquido amarillento y de consistencia acuosa.



Figura 2. Efectos del lactosuero en el medio ambiente. a) Descarga y contaminación en ríos. b) Problemas de erosión del suelo. c) Filtración de lactosuero en suelo y contaminación de agua subterránea. d) Muerte de flora y fauna por contaminación de agua. Y e) daño en cultivos por uso de agua contaminada con lactosuero.

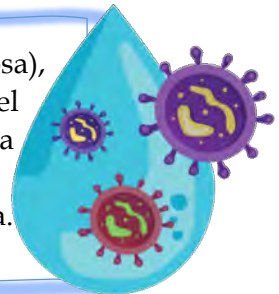


Impacto del lactosuero en el medio ambiente

Su impacto en cuerpos de agua se debe principalmente a la alta cantidad de nitrógeno y fósforo, así como de elementos orgánicos, que provocan un incremento en los nutrientes y, por lo tanto, la proliferación descontrolada de algas, así como de otros microorganismos.

Su descarga en el suelo incrementa la cantidad de minerales y, por lo tanto, un aumento en la salinidad, provocando un desequilibrio en la conductividad eléctrica del suelo, lo que conlleva a una mala calidad y un bajo desarrollo de plantas, debido a que limita el adecuado transporte de nutrientes.

Las altas cantidades de azúcar (lactosa), proteína, grasa y sales minerales en el lactosuero hacen que este residuo sea altamente contaminante para cuerpos de agua, suelo, flora y fauna.



Pero no solo afecta a estos sistemas, también podemos observar una alteración en el aire. ¿Pero cómo es esto posible? Cuando el lactosuero se descarga sin ningún tratamiento, desprende malos olores que impactan en la calidad del aire y en el

ambiente en el que se encuentra. Puede pasar por un proceso fermentativo que produce gases de efecto invernadero como: metano y dióxido de carbono.

No obstante, todos estos sistemas al ser alterados por la contaminación de este residuo al final impactan directamente en la

biodiversidad de ecosistemas acuáticos y disminución o hasta la pérdida de hábitats de flora y fauna, por el desequilibrio en los diferentes niveles nutricionales de agua y suelo antes mencionados, que no pueden soportar tanto plantas como animales.



El lactosuero, es un residuo de la industria alimentaria que se produce en altas cantidades a nivel mundial y que es altamente contaminante si no se realiza un tratamiento adecuado.



¿Cómo podemos ocupar el lactosuero?

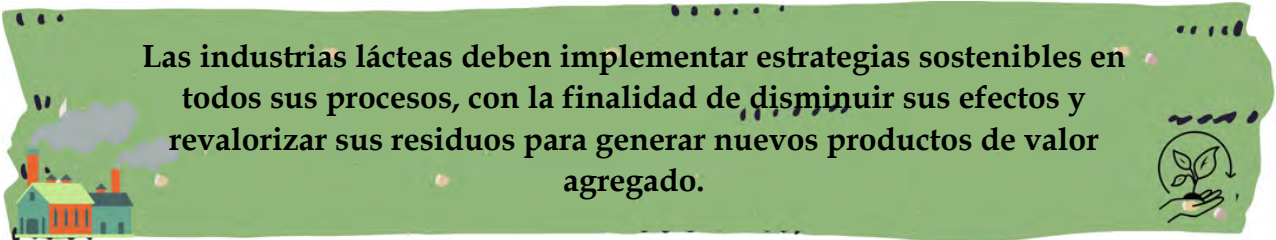
Como ya hemos visto, este residuo contiene elementos nutricionales (proteínas, carbohidratos y minerales) que pueden ser aprovechados para generar otros beneficios. Pero muy pocas veces se recupera para obtener otros productos de valor agregado como: confitería, bebidas funcionales, energéticas y fermentadas, mantequilla de suero, ácido láctico, fórmulas lácteas, cultivos iniciadores o biomasa microbiana. Su valorización dependerá del tipo de industria y tecnología con la que se cuente, pero es importante tener en cuenta que es necesario realizar un tratamiento adecuado, buscar formas para su reutilización, disminuir la producción de lactosuero por medio de prácticas sostenibles, así como generar conciencia ambiental mediante una educación que difunda los impactos negativos del lactosuero en nuestro planeta.



Por lo tanto, las industrias lácteas deben implementar estrategias sostenibles en todos sus procesos, con la finalidad de disminuir sus efectos y revalorizar sus residuos para generar nuevos productos de valor agregado.

Uno de ellos, puede ser en la agricultura, en donde se están buscando nuevos productos que sean amigables con el medio ambiente. Por ejemplo, los bioestimulantes, se elaboran a partir de sustratos o microorganismos o sus metabolitos para favorecer el crecimiento y desarrollo de plantas, así como, de mejorar el estado de salud de estas.

Las industrias lácteas deben implementar estrategias sostenibles en todos sus procesos, con la finalidad de disminuir sus efectos y revalorizar sus residuos para generar nuevos productos de valor agregado.





Uso del lactosuero en la agricultura

Para su uso en este sector es necesario realizar un tratamiento biológico previo (Figura 3) con el uso de microorganismos que utilicen los nutrientes del residuo y generen un producto para su aprovechamiento en el campo. Estos microorganismos emplean los azúcares como fuente de energía, las proteínas en el aporte de nitrógeno y los minerales como el calcio, fósforo y potasio para su crecimiento y desarrollo. Es importante mencionar que la capacidad de un microorganismo para crecer en lactosuero dependerá de su capacidad para utilizar los nutrientes presentes en el medio y de su tolerancia a las condiciones de crecimiento.

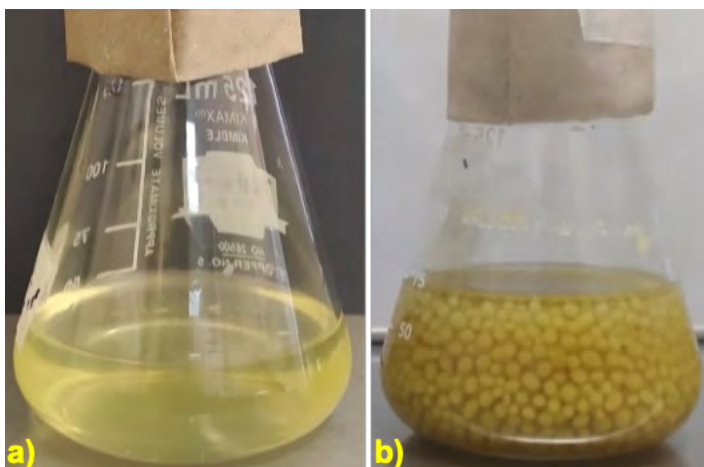


Figura 3. a) Lactosuero con aspecto traslúcido debido a la reducción de proteína en un tratamiento ácido-térmico. b) Crecimiento de un hongo en forma de pellet (pelotas), el cual aprovecho los nutrientes del lactosuero y ha logrado disminuir la carga de nutrientes, obteniendo un biofermento para su aplicación como biofertilizante en la agricultura.

Algunos microorganismos que pueden crecer en el lactosuero son: bacterias fijadoras de nitrógeno en suelo y atmosférico (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*), promotoras de crecimiento vegetal, y productoras de compuestos para resistencia a enfermedades. Por otro lado, tenemos hongos

(Micorrizas, *Trichoderma harzianum*) que generan simbiosis en

la raíz de las plantas, ayudan en la asimilación de nutrientes y además funcionan como agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos.



El lactosuero puede ser incorporado a suelos agrícolas y aumentar los rendimientos en cuanto a producción y calidad de los productos, así como, en general, al crecimiento y desarrollo de las plantas.



Una vez disminuida la materia orgánica en el lactosuero por los microorganismos, los cuales han modificado la composición química del residuo, por medio de excreción de metabolitos al lactosuero, se transforma en un biofermento con actividad bioestimulante que puede ser aplicado de forma foliar (diluido directamente en las hojas de las plantas), radicular (diluido en el suelo para estimular el crecimiento de las raíces), y mediante fertirrigación (mezcla con otros nutrientes).

Otras formas en las cuales se puede emplear en la agricultura el lactosuero tratado biológicamente son:

- 1) Biofertilizantes (los microorganismos cultivados en lactosuero se agregan directamente en el suelo).
- 2) Biopesticidas (los microorganismos cultivados en lactosuero se usan para controlar plagas y enfermedades).
- 3) Bioremediación (los microorganismos cultivados en lactosuero se adicionan en suelos contaminados con la finalidad de remover contaminantes).

Si bien, el lactosuero puede ser incorporado a suelos agrícolas y aumentar los rendimientos en cuanto a producción y calidad de los productos, así como mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las investigaciones y reportes que comprueben su efectividad son pocas.

Por ejemplo, algunas de las aplicaciones del lactosuero realizadas a nivel mundial destacan países como: Australia (uso como bioestimulante en cultivos de trigo y cebada para mejorar la resistencia a enfermedades), Brasil (sustrato para cultivar microorganismos benéficos que controlan plagas en cultivos de soja y maíz), China (fertilizante orgánico en cultivos de arroz y verduras), Estados Unidos (sustrato para producir bioplaguicidas que controlan plagas en cultivos de frutas y verduras), India (bioestimulante en cultivos de algodón y cereales para mejorar la productividad), y México (bioestimulante en cultivos de maíz y trigo, desarrollo de biofertilizantes a partir de lactosuero para cultivos de frutas y verduras, producción de bioestimulantes y bioplaguicidas.



Es necesario seguir investigando con la finalidad de generar un proceso biológico que recupere el lactosuero de las industrias queseras y se establezca un protocolo que pueda ser empleado por las industrias de forma sostenible y sustentable.



De igual manera, algunas empresas en México que han implementado estrategias para la reutilización del lactosuero para su aplicación en la agricultura se encuentran: grupo Lala (produce bioestimulantes y bioplaguicidas a partir de lactosuero), Danone (sustrato para producir probióticos para animales y plantas), y Grupen (desarrolla biofertilizantes y bioplaguicidas).

Conclusión

Como hemos visto la industria láctea genera grandes cantidades de lactosuero, un residuo que puede causar daños al medio ambiente si no se trata adecuadamente. Sin embargo, puede ser reutilizado en la agricultura como bioestimulante, biofertilizante o bioplaguicida, después de un tratamiento biológico previo. Esto no solo reduce su impacto ambiental, sino que también puede mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola. Pero para lograr esto, es necesario que las industrias lácteas y agrícolas trabajen juntas para desarrollar estrategias sostenibles para la reutilización del lactosuero.

Esto puede incluir la implementación de tecnologías para su tratamiento y procesamiento, así como la creación de mercados para los productos derivados del lactosuero. Además, es fundamental que se realicen investigaciones y estudios para determinar la viabilidad y eficacia de su reutilización en la agricultura, así como para identificar posibles riesgos y desafíos asociados con esta práctica.

Agradecimientos

Al Gobierno del Estado de Hidalgo, a través del Consejo de Ciencia y Tecnología e Innovación de Hidalgo, por la beca otorgada para la realización de una estancia postdoctoral.

A la Universidad Politécnica de Pachuca y la Universidad Tecnológica de Corregidora por las facilidades y apoyo otorgado para llevar a cabo la investigación, así como de una estancia postdoctoral.



Literatura recomendada

Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial science*, 11(1), 105-116.

Quille, L. Q., Vilca, O. M. L., & Ordoñez, F. P. A. (2021). Potencialidades del lactosuero generado por la industria quesera y su valorización. *Revista científica I+ D aswan science*, 1(2), 16-24.

Sirmacekic, E., Atilgan, A., Rolbiecki, R., Jagosz, B., Rolbiecki, S., Gokdogan, O., & Kocięcka, J. (2022). Possibilities of using whey wastes in agriculture: Case of Turkey. *Energies*, 15(24), 9636.



Semblanzas de autores

Dr. Jorge Álvarez Cervantes. Ciencias en Biotecnología, actualmente profesor investigador, adscrito al Programa de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Pachuca. Pertenece al Cuerpo Académico Manejo de Sistemas Agrobiotecnológicos Sustentables. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel 1.

Dra. Edna María Hernández-Domínguez. Ciencias en Biotecnología, actualmente profesora investigadora, adscrita al Programa de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Pachuca. Pertenece al Cuerpo Académico Manejo de Sistemas Agrobiotecnológicos Sustentables. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel 1.

Dra. Virginia Mandujano-González. Ciencias en Biotecnología, actualmente profesora investigadora, adscrita al Programa de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Corregidora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel 1.



Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>