



Lactosuero: de desecho a producto.

Experiencia en La Pampa

Isabel Gigli (Ed.)



Lactosuero : de desecho a producto : experiencia en La Pampa / Isabel Gigli ... [et al.];
Editado por Isabel Gigli. - 1a ed. - Santa Rosa : Editorial de la Universidad Nacional de
La Pampa, 2025.

Libro digital, PDF - (Libros de Interés Socio Comunitario)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-863-546-4

1. Lácteos. I. Gigli, Isabel II. Gigli, Isabel, ed.

CDD 637.14

LIBRO DE INTERES SOCIO COMUNITARIO

Lactosuero: de desecho a producto. Experiencia en La Pampa

Isabel Gigli (Ed.)

Mayo 2025, Santa Rosa, La Pampa

Foto de tapa: Industria Láctea de la Escuela Agrotécnica de Victorica:
Florencio Ernesto Peirone

Edición: Mg. Melina E. Caraballo - Dpto. de Edición - EdUNLPam

Diseño y maquetado: Lic. Ma. FLorencia Mirassón - Dpto. de Diseño - EdUNLPam

Impreso en Argentina

ISBN 978-950-863-546-4

Cumplido con lo que marca la ley 11723

EdUNLPam

Cnel. Gil 353 PB - CP L6300DUG

SANTA ROSA - La Pampa - Argentina



UNLPam

UNLPam - AUTORIDADES

Rector: Oscar Daniel Alpa

Vicerrectora: María Ema Martín



EdUNLPam

EdUNLPam - AUTORIDADES

Presidente: Lucía Carolina Colombato

Director: Rodolfo David Rodríguez

Consejo Editor de EdUNLPam

Gustavo Walter Bertotto

María Marcela Domínguez

Fernando Colli

Edith Alvarellos / Julieta Soncini

Carla Suárez / Daniel Omar Maizon

Natalia Monge / Agustina Manso

María Pía Bruno / Laura Noemí Azcona

Alicia María Vignatti / Oscar Alfredo Testa

Gabriela Bertolotto / Marite Zaldarriaga Gimenez

María de los Angeles Bruni / Natalia Cazaux

María Soledad Mieza / Araceli Elisabet Hernández

Índice

Prólogo.....	9
---------------------	----------

Capítulo 1. Producción de leche en un contexto ambiental

Isabel Gigli	11
Economía circular.....	14
Cambio climático.....	15
¿Cómo se cuantifica el impacto ambiental?.....	19
¿Cómo garantizar la seguridad alimentaria de la leche?.....	22
Tratamientos térmicos para asegurar la eliminación de patógenos	24
Limpieza de los equipos	25
Referencias	27

Capítulo 2. Comercialización de leche, productos lácteos y generación de lactosuero

Isabel Gigli, Ailén F. Ambroggio y Daniela I. Olivieri	31
Producción y destino del lactosuero a nivel Nacional	35
Situación en La Pampa	36
Referencias	39

Capítulo 3. Lactosuero

Isabel Gigli y Mario Calafat	41
Usos del lactosuero	44
En el tambo.....	47
En la Planta procesadora de quesos	47
En la Planta procesadora del lactosuero.....	49
Referencias	49

Capítulo 4. Producción de biomasa de levadura y de selenio orgánico

Mario Calafat e Isabel Gigli.....	51
Problema	53
Antecedentes	54
Producto: suplemento proteico de levaduras en un cultivo a base de lactosuero	55
Producto: selenio orgánico,	56
Conclusión.....	58
Referencias	58

Capítulo 5. Bebidas a base de lactosuero

Claudia Gorozurreta, Tamara Benito, Mario Calafat, Franco

Schall Freres e Isabel Gigli	61
Problema	63
Antecedentes	63
Producto: bebida a base de lactosuero.....	64
Referencias	71

Capítulo 6. Suplementos proteicos para abejas. Franco Schall

Freres, Mario Calafat e Isabel Gigli	73
Problema	75
Antecedentes	75
Producto.....	76
Conclusión.....	79
Referencias	80

Capítulo 7. Barritas proteicas

Mario Calafat e Isabel Gigli.....	81
Problema	83
Antecedentes	83
Conclusión.....	85

Capítulo 8. Reflexiones finales

	87
--	----

Prólogo

En el año 2016, hemos participado de una reunión de trabajo entre representantes del gobierno provincial y productores queseros. Este encuentro, impulsado por la unidad de vinculación tecnológica (UVT) de la UNLPam, el ministerio de la Producción y la subsecretaría de ambiente (ahora secretaria), se realizó para intentar buscar alternativas a la problemática del lactosuero como efluente en la provincia. Habiendo comprendido y conceptualizado la magnitud de la problemática que se presenta, hemos consolidado un grupo de investigación en la Facultad de Agronomía, UNLPam, para generar acciones tendientes a desarrollar alternativas de uso del lactosuero.

El sistema alimentario, entendiéndose como el conjunto de actividades realizadas en la producción, industrialización, transporte y comercialización, debe tender a mejorar la nutrición, la salud y a reducir el impacto ambiental durante todo el proceso productivo. La reflexión sobre las formas de producción y la falta de uso de subproductos nos obligan a tomar conciencia como individuos, transmitir estos conceptos a nuestros estudiantes como docentes y comenzar a generar alternativas de manejo en todos los órdenes que nos compete como profesionales. La educación tiene que estar integrada con la investigación, innovación y desarrollo tecnológico. Creemos importante educar sobre la reutilización de los subproductos agroindustriales para generar cambios en el hábito de consumo. Dentro de estos subproductos, nos enfocamos en el lactosuero. Nuestra provincia produce anualmente alrededor de 180 millones de litros de leche. Aproximadamente el 60% de este volumen se procesa dentro de la provincia, que cuenta con 22 plantas lácteas (dos de ellas no procesan leche, sino que elaboran mozzarella a partir de masa de mozzarella producida en plantas asociadas). La

producción de queso es de 7.400 toneladas. Esta producción genera alrededor de 500.000 litros diarios de lactosuero los que, principalmente, se desechan como efluentes en lagunas o piletones sin o con insuficiente tratamiento. Algunas empresas asociadas con productores porcinos destinan el total o parte de la producción de lactosuero a la alimentación de cerdos y, en menor medida, y dependiendo de la situación comercial, se concentra y se transporta para su deshidratación en la provincia de Buenos Aires (datos extraídos del informe de la Cadena Láctea 2023, del gobierno de la Provincia de La Pampa <https://produccion.lapampa.gob.ar/cadena-lactea-pampeana.html>).

Debido a la escasa utilización del lactosuero, el objetivo del presente libro es enfatizar su valor nutricional, poner en discusión el daño ambiental que ocasiona el desecho del lactosuero sin tratamiento y presentar las alternativas de uso que hemos desarrollado en la Facultad de Agronomía de la UNLPam. Estas propuestas se caracterizan por ser de bajo costo de aplicación tanto para su inversión inicial como de costo energético durante el proceso de elaboración.

Isabel Gigli y Mario Calafat

Capítulo 1.

Producción de leche en un contexto ambiental

Isabel Gigli

Para hablar de producción de lácteos o de alimentos en general, tenemos que comenzar por el término seguridad alimentaria y considerar el impacto ambiental que la producción genera. Debemos cambiar el modelo extractivista por un modelo de producción regional diferente donde la gestión ambiental esté incluida. En la Figura 1.1 se representan los pilares para lograr la sustentabilidad alimentaria.

La **seguridad alimentaria** garantiza el acceso a alimentos que aporten un balance de nutrientes y de calorías adecuados. En los últimos 50 años, los avances en tecnología triplicaron la producción agrícola mundial (FAO, 2017). La ganadería también ha crecido como respuesta a las mejoras en los manejos nutricionales, sanitarios, reproductivos y genéticos. Sin embargo, este crecimiento que resulta positivo es acompañado de mayor contaminación de cursos de agua, deforestación, disminución de biodiversidad y aumento de residuos contaminantes. Teniendo en cuenta que para el año 2050 se necesitará el doble de productos alimentarios de los que se producen actualmente (FAO, 2017), se hace evidente que si no modificamos la forma de producción, las consecuencias negativas que se producen durante los procesos de generación de alimentos, se incrementarán. Por lo que, además del aumento en producción, debemos considerar como prioridad producir alimentos inocuos, nutritivos y de forma sustentable.

Otro punto clave a considerar es que alrededor de un tercio del total de alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia durante la cadena productiva (FAO, 2012). La pregunta que surge es: ¿podemos seguir así? Necesitamos diseñar estrategias de producción diferentes y no limitarnos a buscar paliativos una vez producidos los daños ambientales. Debemos priorizar el uso eficiente y responsable de los recursos para minimizar los impactos negativos ambientales, sociales y

económicos. En otras palabras, considerar el ciclo completo de vida de un producto, buscar formas de optimizar cada etapa para reducir desperdicios y darles valor agregado a subproductos para ingresarlos a la cadena productiva.

Toda producción conlleva un impacto ambiental; por lo tanto, es importante cuantificar e identificar los puntos clave para trabajar sobre ellos. El desafío que se nos presenta como profesionales en el área agropecuaria es desarrollar metodologías que nos permitan evitar los problemas antes de que se presenten. Debemos cambiar el pensamiento de inevitabilidad del deterioro ambiental por una mirada sistémica de la producción, para preservar y asegurar una utilización racional de los recursos naturales con una mirada integral del sistema: desde la producción de materia prima, la industrialización de productos hasta el consumidor.

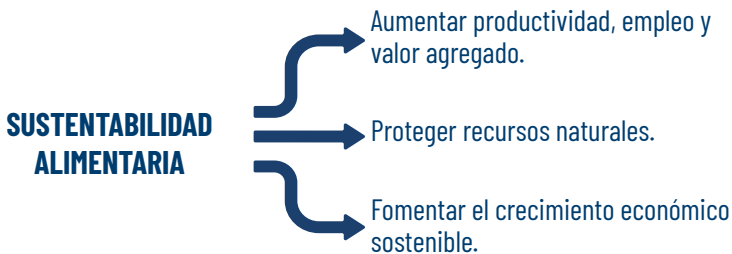


Figura 1.1: Pilares para la sustentabilidad alimentaria.

Economía circular

Los sistemas de producción lechera han cambiado mucho en los últimos 30 años. La incorporación de tanques de almacenamiento a temperatura controlada permite que la cadena de frío comience en los tambos; los cambios en el pago de la leche en base a atributos de calidad higiénica sanitaria (recuento de células somáticas, unidades formadoras de colonias, temperatura de entrega, ausencia de inhibidores) mejoraron la calidad de la leche. Pero ¿es la solución producir más leche? Esta pregunta nos lleva a pensar en términos de economía circular.

Desde 2016, la FAO coordina un grupo de economía circular del que participan 30 países, incluido la Argentina. La economía circular es un concepto integrador y transversal que abarca los recursos biológicos, los conocimientos relacionados con su gestión, la ciencia, tecnología e innovación requeridas para producir, procesar, informar y brindar servicios en todos los sectores económicos (Dubois & Gomez San Juan, 2016). En esta mirada no se busca la solución productiva individual, sino que se promueve un cambio de todos los sectores involucrados (productores, consumidores, económicos, salud y políticos). Se propone pasar de un flujo lineal de producción (recurso-producto-residuo) a un flujo circular (recurso-producto-desecho reutilizado para generar otro recurso)(Figura 1.2) en el que los residuos son utilizados como insumos dentro de la cadena de producción. En este sentido, incorporar el concepto de economía circular es pensar la producción lechera más allá del producto primario.



Figura 1.2: Esquema de la economía lineal y economía circular.

Cambio climático

El cambio climático también nos obliga a pensar nuevas estrategias de producción. La incorporación de sombras para los animales y las mejoras en el agua de bebida son mejoras básicas, pero no suficientes.

Wankar *et al.* (2021) analizaron información provista por FAO y compararon el cambio promedio de temperatura (incremento) y producción de leche durante dos períodos de tiempo: 2000-2009 y 2010-2020. Observaron que la producción individual por vaca aumentó en todos los continentes. Así, África creció más en el número de vacas, aunque sigue siendo muy inferior en comparación con el resto de los continentes (África 38.209.622 total de vacas en la década 2010-2019 mientras que América reportó 515.064.082; Europa 122.056.845 y Asia 637.682.684). Todos los continentes, a excepción de África, aumentaron la producción por vaca (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Diferencias registrados en temperatura ambiental; número total de vacas; producción individual y producción total en cada continente durante el período 2000-2009 y 2010-2019. Fuente Wankar *et al.* (2021).

	Temperatura	Número total de animales	Producción de leche por vaca	Total de producción
América	0,32°C	3 %	12 %	18 %
Europa	0,38°C	-10 %	14 %	3 %
África	0,33°C	26 %	*0%	24 %
Oceanía	0,28°C	1 %	7 %	19 %
Asia	0,18°C	5 %	16 %	45 %

* mínima disminución

Para estimar el índice térmico se tiene en consideración la temperatura y la humedad ambiental (ITH). El confort térmico se encuentra en el rango comprendido entre 35 y 68 ITH. Temperaturas más altas combinadas con humedad llevan a una desregulación de los mecanismos fisiológicos y desencadena un estado denominado estrés térmico. El estrés térmico puede poner en riesgo la vida del animal. Tal es así que la respuesta sistémica que se produce es similar a una septicemia: el animal disminuye el consumo de alimento y el tiempo de rumia; al disminuir la rumia, ingiere menos saliva, principal buffer del rumen. Como consecuencia, se produce una disminución del pH ruminal, que altera la integridad del epitelio y produce la absorción de toxinas. Ante

este escenario fisiológico, la producción de leche disminuye por cambios endócrinos y metabólicos (Figura 1.3). Todas estas alteraciones no se revierten cuando las condiciones ambientales mejoran, sino que tienen un efecto residual: la recuperación lleva mucho tiempo y la producción nunca vuelve a sus niveles iniciales. Estos cambios, además, aumentan la susceptibilidad a otras enfermedades como la mastitis y problemas reproductivos.

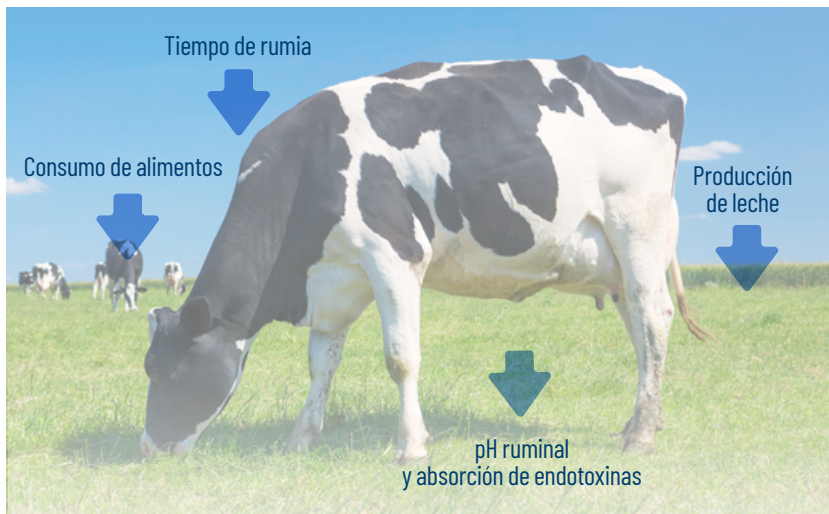


Figura 1.3: Cambios que se producen por el estrés térmico.

Se observan diferencias de razas y de individuos a la adaptación al calor. Esto se debe a que la respuesta al estrés térmico tiene un componente genético (Garner *et al.*, 2020). Por eso, resulta importante identificar y seleccionar animales más adaptados a las regiones donde viven. Esta premisa, que parece obvia, pocas veces es tenida en cuenta. En Argentina se importa semen principalmente de Estados Unidos y Canadá donde los sistemas de producción y el clima son muy diferentes a los de nuestra realidad. Desde la Facultad de Agronomía, hemos comenzado a implementar un programa de cruzamiento de

triple cruza para obtener animales más adaptados al calor¹ (Figura 1.4). Esta es una estrategia alternativa a la selección que permite beneficiar a un sistema de producción de manera más rápida empleando animales con vigor híbrido. En un sistema de triple cruza estabilizado se explota un 85% de heterosis promedio, lo que permite tener animales con mayor capacidad para reaccionar a condiciones extremas. En nuestra provincia hay productores que utilizan vacas neozelandesas y jersey que tienen menor tamaño corporal con muy buenos resultados.



Figura 1. 4: Vacas triple cruza (Holando X Jersey X Montbéliarde).
Facultad de Agronomía, UNLPam.

¿Cómo se cuantifica el impacto ambiental?

Discutir sobre el impacto ambiental en la producción agrícola ganadera sirve para elaborar alternativas de manejo que tiendan a una sustentabilidad del sistema. Para poder abordarlo, primero es necesario cuantificar las variables. Aún falta un acuerdo metodológico y de análisis de la información entre los investigadores. Esto hace que,

¹ Esta propuesta se enmarca en el proyecto de investigación de la Facultad de Agronomía, UNLPam "Propuestas de programas de mejora genética lechera, costos y oportunidades para los tambos de las cuencas lecheras de La Pampa", dirigido por el Dr. Daniel Maizon, y aprobado por resolución N.º 211/20 del Consejo Directivo.

sumado a la variación entre las formas y la eficiencia en producción, se reporten valores con un amplio rango de variabilidad. Lo importante, consideramos, es cuantificar el propio sistema para implementar medidas de mitigación. La gestión ambiental requiere de una planificación, ejecución y supervisión continua.

Las **emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** hacen referencia a la totalidad de gases de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) principalmente emitidos por efecto directo o indirecto como resultado de generar un producto. Estudios realizados por la FAO, indican que el sector global lechero contribuye un 4% a las emisiones globales totales de GEI (Gerber *et al.*, 2013). Se incluye en este valor las emisiones asociadas a la producción de los alimentos para los animales (siembra, uso de fertilizantes, cosecha), el transporte de la materia prima a la industria, los procesos industriales (manufactura, empaquetado) y el transporte hasta la boca de expendio. En los subproductos lácteos como quesos y yogures, la fase agrícola equivale al 75% de las emisiones de GEI totales para esos productos (FAO, 2018).

El gas que mayormente impacta en el calentamiento global derivado de la producción láctea es el CH_4 (52%), sigue en importancia el N_2O (27-38%) mientras que el CO_2 presenta un aporte entre el 10 al 21% (FAO, 2018).

Desde el año 2005 al 2015, la emisión de GEI se incrementó en un 18% (FAO, 2018). Este incremento responde al crecimiento de la leche total producida, a un mayor número de animales en producción y a una mayor eficiencia por animal (más leche por vaca). El estudio realizado por investigadores de la FAO enfatiza que, si el número creciente de animales en ordeño no hubiese estado acompañado a su vez con una mayor producción individual, el incremento de los GEI hubiese sido mayor (30%).

El aumento de la eficiencia individual responde a un mejor manejo genético, nutricional y sanitario principalmente. Sin embargo, estas mejoras en producción tienen un límite biológico. La presión de selección por producción ha hecho que los animales sean sometidos a un gran estrés metabólico, sobre todo al inicio de la lactancia cuando la demanda energética para la síntesis y secreción de leche supera a la energía aportada por la alimentación. El desbalance energético negativo que se observa en los primeros dos meses de lactancia conduce a

animales con mayor predisposición a enfermedades de lo que se observaba décadas atrás cuando la producción por vaca era menor. Todo esto impacta en el bienestar de las vacas en ordeño.

No podemos limitar las ecuaciones ambientales a productividad sin considerar el esfuerzo fisiológico del animal para producir la cantidad de leche que potencialmente lograra producir. El bienestar animal tiene que ser también un objetivo a cumplir.

Considerar la superficie de tierra que se requiere para una producción determinada es otra forma de medir su eficiencia. En la tabla 1.2 se muestran los valores de huella de carbono y superficie requerida para lograr un kg de proteína en distintos tipos de producción que estimaron Nijdam et al. (2012) luego de analizar la información de 52 estudios publicados sobre la evaluación de ciclos de vida.

Tabla 1.2: Huella de carbono y superficie requerida para diferentes producciones. En los subproductos lácteos como quesos y yogures, la fase agrícola equivale al 75% de las emisiones de GEI totales para esos productos. Fuente Nijdam et al., 2012.

Producto	Huella de Carbono (kg CO ₂ eq/kg)	Superficie (m ² /kg)
Bovinos de carne extensivo	12-129	286-420
Bovino de carne intensivo	9-42	15-29
Porcinos	4-11	8-15
Pollos	2-6	5-8
Huevos	2-6	4-7
Leche	1-2	1-2
Queso	6-22	6-7

Comparando la eficiencia de las actividades ganaderas por su efecto en función de las proteínas que produce, los resultados del trabajo de Nijdam y colaboradores (2012), muestran que la producción de leche presenta menor **huella de carbono** y es, a su vez, la que utiliza menor superficie de tierra. En otras palabras, producir un kilo de proteína en leche sería más eficiente que producir un kilo de proteína en forma de carne.

La **huella de agua** es un indicador del volumen total de agua requerida para producir un bien o servicio. En los últimos años, este indicador ha adquirido mucha relevancia teniendo en cuenta que la escasez de agua es una problemática mundial. En regiones semiáridas como la nuestra, las consecuencias de la falta de agua resultan bien evidentes.

El agua se clasifica según su procedencia en agua azul, verde y gris. La primera hace referencia al agua superficial o de napas; la verde al agua de lluvia y la gris a la que se le ha dado un uso y puede ser reutilizada sin un tratamiento de purificación (FAO, 2023). Un ejemplo en la industria láctea es el agua utilizada para refrigerar la leche, esta no recibe ninguna alteración química ni microbiológica por lo que simplemente recolectando en un tanque en lugar de enviarla al efluente puede ser reutilizada para el lavado de las instalaciones.

La producción lechera requiere un volumen de agua muy elevado pues se considera desde la bebida de los animales, el riego –artificial o de lluvia– de las pasturas y verdeos, la limpieza de equipos e instalaciones y la refrigeración de la leche. De este modo, para producir un vaso de leche, se necesitan 200 litros de agua (1 litro de leche/10.000 litros de agua) <https://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-Virtual-Water-en.pdf>². Si hablamos de un producto elaborado como el queso, la cantidad de agua empleada es aún mayor. Se estima que la producción de un kilogramo de queso requiere 5.000 litros de agua. Esto se debe a que, además del agua utilizada en la industria, en la elaboración de quesos de pasta dura o semidura se desperdicia el agua que forma parte de la composición original de la leche. Veremos más adelante que este líquido, que constituye aproximadamente el 80-90% del volumen original de la leche, forma parte de lo que se denomina lactosuero.

En los procesos industriales, como veremos en breve, el agua es utilizada para los cambios térmicos de la leche y para la limpieza de equipos, instalaciones y camiones (Figura 1.5)

2 Disponible en: <https://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-Virtual-Water-en.pdf>

- Tambo**
- ➡ Bebida
 - ➡ Limpieza instalaciones y equipo de ordeño
 - ➡ Placa de refrescado de la leche
-
- Industria**
- ➡ Lavado de cisterna de camión y mangueras
 - ➡ Lavado de tanques de almacenamiento
 - ➡ Pasteurización
 - ➡ Limpieza de mesadas, tinas
 - ➡ Lavado de pisos
 - ➡ Saladeros

Figura 1.5: Uso del agua en el tambo e Industria quesera.



Figura 1.6: Antibióticos que controla la industria láctea por exigencia del Código Alimentario Argentino.

¿Cómo garantizar la seguridad alimentaria de la leche?

Los alimentos en general y la leche en particular pueden ser potenciales vehículos de residuos de antibióticos. Se denomina así a la presencia de trazas o de metabolitos de antibióticos en leche que se produce cuando un individuo recibe un fármaco. Por eso, la leche de los animales que se encuentran en tratamiento veterinario o dentro del periodo de eliminación de los metabolitos no se comercializa y está prohibido su consumo.

El Código Alimentario Argentino exige que la leche no presente los antibióticos de uso más frecuente (Figura 1.6). La presencia de antibiótico en leche pone en riesgo la salud del consumidor y es también un problema ambiental, ya que aumenta la posibilidad de generar cepas bacterianas resistentes. Antes de explicar qué significa la generación de cepas resistentes, veamos cómo funcionan los antibióticos.

Los antibióticos actúan mediante uno de los siguientes mecanismos: 1. modifican o inhiben la síntesis de la pared celular o membrana citoplasmática bacteriana, 2. interfieren en el transporte de precursores o 3. bloquean la replicación de ADN.

Hay bacterias que en forma natural o por haber adquirido una capacidad de neutralizar la función del antibiótico, no son sensibles a un determinado fármaco. Esta capacidad de resistir se puede transmitir en forma vertical (a sus descendencias) y en forma horizontal: a través de plásmidos o bien de trasposones, genes que se mueven de una ubicación de ADN a otra. De esta forma, pasan información genética a otras bacterias³. Estos genes resistentes a antibióticos (ARGs) permanecen en el ambiente, de hecho, se han identificado en diferentes sectores de tambos comerciales. Al respecto, Liu et al. (2019) tomaron muestras de suelo y bosta de los corrales para terneros del lote de vacas secas y del corral donde se alojaban vacas enfermas. Los autores encontraron que en los corrales donde se alojaban los terneros había mayor prevalencia tanto de bacterias resistentes a antibióticos como ARGs. Incluso se han

³ Para una revisión más completa sobre la difusión de genes resistentes a bacteria a través de alimento, ver Godziszewska et al., 2016.

identificado genes resistentes en quesos comerciales (Yao et al., 2022). Es posible que modifiquen poblaciones bacterianas ambientales por lo que amerita una investigación más profunda en este tema. La ley 27680 de Prevención y Control de la Resistencia a los antibióticos aprobada en 2022 contempla estrategias para prevenir la resistencia de antibióticos, promover la investigación y la difusión de esta problemática tanto en salud humana como animal.

También puede haber otros contaminantes en la leche como, por ejemplo, microplásticos, pesticidas, glifosato y micotoxinas. Atrazine es un herbicida que tiene un efecto acumulativo. Su presencia se detectó en valores superiores a los recomendados en 16 muestras de tanques de leche muestreados en 18 tambos de la provincia de Córdoba (rango de concentración 2,51-20,97 µg/L); dos de ellos superaban los valores de riesgo mínimo establecido por la agencia federal de Estados Unidos (20 µg/L) (Urseler et al., 2022).

Es fundamental seguir recomendaciones de Buenas Prácticas en el tambo y asegurar la calidad de la leche desde su origen.

Tratamientos térmicos para asegurar la eliminación de patógenos

El artículo 556 bis del Código Alimentario Argentino (CAA) prohíbe la venta de leche cruda al público y el artículo 605 especifica la obligatoriedad de pasteurizar la leche previo a la elaboración de quesos. Esto asegura la eliminación de patógenos (principalmente *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria*, *Campylobacter*, *Mycobacterium tuberculosis* y *Brucella abortus*) que ocasionan enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).

La temperatura y el tiempo utilizado en los procesos de pasteurización son variables y surgen de la curva que garantiza la inactividad de la fosfatasa alcalina y prueba de peroxidasa positiva (CAA 566 bis).

Existen tres procesos de pasteurización diferentes:

1. Lenta o en tina: se calienta la leche y luego se la enfría en la misma tina. Por lo general, este proceso se lleva a cabo a 63°C durante 30 minutos.
2. HTST (por sus siglas en inglés *high temperature short time*; altas temperaturas corto tiempo). La relación temperatura/tiempo más habitual es 72 °C durante 15 segundos. Este proceso puede realizarse en batch (recipiente estanco) o en movimiento (el más frecuentemente utilizado), y consiste en un sistema intercambiador de placas en el que circulan a contracorriente la leche y el agua caliente.
3. UHT (por sus siglas en inglés *ultra high temperature*, ultra alta temperatura), la leche es llevada entre 130 a 150°C durante dos a cuatro segundos mediante un sistema de placas o flujo continuo. Luego, debe ser inmediatamente refrigerada y envasada bajo condiciones asépticas en envases estériles (CAA 559 tris).

La pasteurización lenta es un sistema poco eficiente en cuanto al uso de agua y resulta difícil garantizar una temperatura homogénea en toda la leche. En las industrias queseras de La Pampa este sistema se está reemplazando por el intercambiador de placas. Con este cambio se produce una disminución en el agua utilizada y, si además se reutiliza el agua para el lavado de las instalaciones, se reduce considerablemente la huella hídrica y la generación de efluentes.

Limpieza de los equipos

La higiene es fundamental en la elaboración de alimentos. Dentro de los procesos de limpieza, resulta más eficiente el lavado CIP (de sus siglas en inglés: *cleaning in place*; lavado *in situ*). Es el lavado que se realiza dentro de los circuitos de las plantas de producción sin necesidad de desmontar ningún equipo. Se clasifican en dos tipos: abierto, donde el producto químico no se recircula; y circuito cerrado, donde se produce una recirculación de los detergentes (Memisi *et al.*, 2015; Thomas & Sathian, 2014). Los lavados se realizan inmediatamente al finalizar los procesos de producción. Luego de un enjuague inicial, se procede a la

limpieza con detergente alcalino para eliminar las grasas de la leche. Estos productos están basados por lo general en hidróxido sódico con tensioactivos, humectantes y secuestrantes.

Los lavados con detergente ácido eliminan sales que puedan quedar incrustados. Los ácidos más usados son: fosfórico, ácido nítrico, ácido acético, ácido glicólico. Es común que el detergente contenga una mezcla de diferentes ácidos. Hay que tener en cuenta el material donde se aplicará el detergente ya que pueden reaccionar con la superficie sobre todo si son metales blandos (aluminio, latón, etc.). Dependiendo de la dureza del agua que se utiliza, los lavados con detergente ácido se realizan de dos o tres veces por semana.

En lugares por donde circula o se almacena leche fría, como la cisterna del camión, tuberías de descarga y de recepción, se puede realizar el lavado a un paso: con detergentes alcalinos con poder secuestrante o bien con ácidos con capacidad desengrasantes.

Otro punto importante para considerar es el tiempo de contacto de los detergentes con las superficies a limpiar. Por último, también debe controlarse que se produzca un flujo turbulento del agua para generar fuerza de acción. En conclusión, son cuatro variables a tener en cuenta: temperatura del agua, tiempo del lavado, flujo turbulento y productos químicos que se utilizan. Para expresar estos conceptos de forma gráfica se utiliza el círculo de Sinner, creado por Herbert Sinner en 1959, y que aún hoy se encuentra en todas las referencias bibliográficas que desarrollen el tema de lavado industrial (Figura 1.7).

Los procesos de limpieza, al igual que en el tambo, requieren mucha agua. La sala de elaboración, y todos los equipos utilizados, se deben lavar luego de cada elaboración. Los camiones que transportan la leche deben lavarse todos los días dentro del predio de la industria tanto el interior de la cisterna como el exterior del vehículo. Es importante contar con un playón para esta tarea. También para los camiones se puede realizar el lavado CIP.

La limpieza es un punto crítico porque la leche contiene todos los componentes necesarios para actuar como medio de cultivo y para la formación de biofilms (Kabwanga *et al.*, 2018) Los biofilms se adhieren a las superficies de acero inoxidable y protegen a los microorganismos

de la acción del desinfectante y una vez formados, provocan una contaminación continua de los productos elaborados. Por eso, la higiene en la industria láctea es crucial y deben seguirse protocolos estrictos de lavado, desinfección y monitoreo.

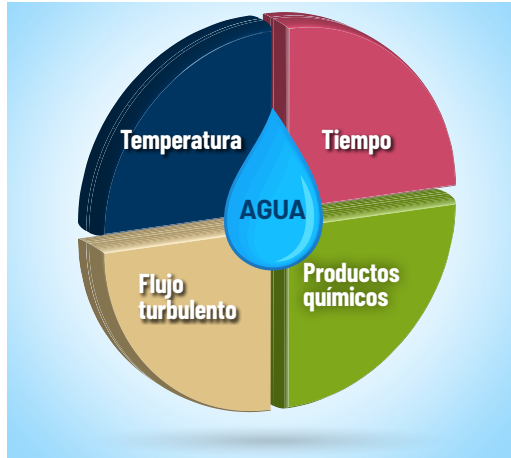


Figura 1. 7: El círculo de Sinner muestra las cuatro variables importantes en el proceso de lavado de equipos industriales.

Referencias

- Dubois, O., & Gomez San Juan, M. (2016). *How sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national and regional levels An overview*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*.
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. (FAO).
- FAO. (2018). *Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future*. the Food and Agriculture Organization of the United Nations and Global Dairy Platform Inc.

- FAO. (2023). *Safety and quality of water use and reuse in the production and processing of dairy products*. (FAO). <https://doi.org/10.4060/cc4081en>
- Garner, J. B., Chamberlain, A. J., Vander Jagt, C., Nguyen, T. T. T., Mason, B. A., Marett, L. C., Leury, B. J., Wales, W. J., & Hayes, B. J. (2020). Gene expression of the heat stress response in bovine peripheral white blood cells and milk somatic cells in vivo. *Scientific Reports*, 10(1), 19181. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75438-2>
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderso, B., Mottet, A., Opio, C. ., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).
- Godziszewska, J., Guzek, D., Głąbski, K., & Wierzbicka, A. (2016). Mobile antibiotic resistance – the spread of genes determining the resistance of bacteria through food products. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*, 70, 803–810. <https://doi.org/10.5604/17322693.1209214>
- Kabwanga, I. T., Yetişemiyen, A., & Nankya, S. (2018). Dairy industrial Hygiene: a review on biofilm challenges and control. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 6(2), 268–273. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v6.i2.2018.1570>
- Liu, J., Zhao, Z., Avillan, J. J., Call, D. R., Davis, M., Sisco, W. M., & Zhang, A. (2019). Dairy farm soil presents distinct microbiota and varied prevalence of antibiotic resistance across housing areas. *Environmental Pollution*, 254, 113058. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2019.113058>
- Nijdam, D., Rood, T., & Westhoek, H. (2012). The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 37(6), 760–770. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>
- Urseler, N., Bachetti, R., Biolé, F., Morgante, V., & Morgante, C. (2022). Atrazine pollution in groundwater and raw bovine milk: Water quality, bioaccumulation and human risk assessment. *Science*

of *The Total Environment*, 852, 158498. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.158498>

- Wankar, A. K., Rindhe, S. N., & Doijad, N. S. (2021). Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 70. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02541-x>
- Yao, J., Gao, J., Guo, J., Wang, H., Zhang, E., Lin, Y., Chen, Z., Li, S., & Tao, S. (2022). Characterization of Bacteria and Antibiotic Resistance in Commercially Produced Cheeses Sold in China. *Journal of Food Protection*, 85(3), 484–493. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-198>

Capítulo 2.

Comercialización de leche, productos lácteos y generación de lactosuero

**Isabel Gigli, Ailén F. Ambroggio y
Daniela I. Olivieri**

La leche es un producto considerado de primera necesidad por sus aportes nutricionales. Alrededor de seis billones de personas a nivel mundial consumen leche o sus derivados lácteos (89% de la población mundial) (Organización Mundial de la Alimentación y la Salud, FAO <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-and-milk-products/>). El consumo mundial de leche recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 500 mililitros diarios. El consumo promedio en Argentina es mucho menor al recomendado.

El 81% de la leche producida proviene de bovinos lecheros, el resto de rumiantes menores (ovejas, cabras). En el año 2018, la producción lechera mundial se incrementó en 1,6 %. Los tres países que mayor influencia tuvieron en este aumento fueron la Unión Europea, Nueva Zelanda y Estados Unidos (0,8%, 3,2% y 1,1% respectivamente). Sin embargo, se proyecta que en los próximos años los países que más aportarán a la producción mundial serán India y Pakistán. La FAO estima que en 2028 la producción de estos países equivaldrá al 30% de la producción mundial. Esto será así, porque las regulaciones relacionadas con el impacto ambiental harán que la producción en los países desarrollados se vea disminuida. Pero esto no debería verse como algo negativo, las regulaciones que rigen para la producción dentro de la comunidad europea deberían ser exigidas para los productos que importan a la comunidad. De lo contrario, sería una competencia desleal con los productores que cumplen con las normas ambientales y se perdería el objetivo de las regulaciones.

En Argentina, la producción anual para el año 2022 fue de 11.570 millones de litros (OCLA, 2024 <http://www.ocla.org.ar/>). La tendencia muestra una suba en la producción en la década del '90 con una fuerte caída en el año 2000 que, lentamente y con altibajos, intenta recuperarse a partir del año 2004. Un total de 24 empresas industrializa y

comercializa el 60% de la producción nacional. De esas empresas, dos acumulan el 23% de la producción nacional, el resto participa de fracciones menores a 4% (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Porcentaje de leche de las industrias lácteas con respecto a la producción Nacional (información OCLA 2024)

Empresa láctea	% de la Producción Nacional que la Empresa Industrializa
Mastellone Hnos SA- La Serenisima	12,1
Saputo	11,8
Williner-Iloay	4,4
Noal SA	2,9
Nestlé	2,6
Verónica	2,6
García Hnos. Agroindustrial SRL-Tregar	2,4
Adecoagro	2,3
Milkaut-Savencio Argentina	2,3
Corlasa-Grupo Gloria	2,1
SanCor Coops.Udas.Ltda	1,8
La Sibila	1,7
Manfrey Cooperativa de Tamberos	1,6
Danone	1,4
Sobrero y Cagnolo SA	1,3
La Ramada	0,9
Lácteos Vacalín-Rodríguez e Hijos SA	0,9
Fábrica de Alimentos Santa Clara	0,8
La Lácteo	0,7
Cooperativa Arroyo Cabral	0,7
Tonutti	0,6
Pampa Cheese SA	0,5
La Varenese SRL	0,3

Con la obligatoriedad del tanque de frío en los tambos, sumado a los controles que se realizan: recuento de células somáticas, unidades formadoras de colonias y ausencia de residuos de antibióticos, se logró un aumento en la calidad higiénica sanitaria de la leche. La inclusión de estos indicadores en el pago de la leche al productor (Figura 2.1) se produce con la implementación de la liquidación única que se instala en todas las industrias desde el año 2011 (Resolución General AFIP N° 3187/2011).



Figura 2.1. Controles de laboratorio que se realizan antes de procesar la leche para determinar el pago al productor.

Producción y destino del lactosuero a nivel Nacional

Según informa INTI lácteos (Cravero *et al.*, n.d.), del total de la producción de leche a nivel Nacional, el 44% se destina a producción de quesos. Se estima que este volumen de producción genera alrededor de 4.000 millones de litros de lactosuero anuales (11 millones de litros diarios). El 5% de las industrias cuentan con la tecnología de membranas o secado para procesarlo a productos con mayor valor agregado. Un porcentaje del volumen de lactosuero generado se procesa a ricota y el resto se lo destina a alimento para cerdos o se desecha en efluentes. En la Tabla 2.2 se observa el destino del lactosuero según el tamaño de la empresa.

Tabla 2.2. Destino del lactosuero según el tamaño de la industria quesera que lo genera. Fuente: Marcelo González Coordinador UT Asistencia Tecnológica-INTI Lácteos (2013).

Leche procesada	Porcentaje de Industrias	Destino del lactosuero
≥ 10.000 l/d	47 %	Efluente; alimentación de cerdos
10.000-50.000 l/d	35 %	Efluente; alimentación de cerdos; producción de ricota
50.000- 250.000 l/d	13 %	Producción de ricota; concentrado por nanofiltración
≥ 250.000 l/d	5 %	Ultrafiltración por membranas

Situación en La Pampa

Al igual que se refleja a nivel nacional, la producción de leche en la provincia fluctúa según los años. En 2020, se produjeron 180 millones de litros de leche (OCLA, 2024)¹. Este valor representa alrededor del 1% de la producción nacional. Si bien nuestra provincia no pertenece a las grandes cuencas lecheras nacionales, su producción es importante a nivel provincial por la generación de empleos. El promedio diario de los tambos de la provincia de La Pampa durante el año 2023 fue de 2470 litros (OCLA, 2024). El equivalente al 60% de la leche producida se procesa en las 22 industrias que cuenta la provincia (Medero *et al.*, 2023). En la Figura 2.2 se observa la ubicación de las industrias lácteas. La producción de quesos para el año 2023 fue de aproximadamente 15.000 toneladas. Este volumen de producción genera alrededor de 500.000 litros diarios de lactosuero.

Una sola industria tiene capacidad de concentrar el lactosuero, reduciendo el volumen de agua a través del filtrado por membranas, lo que le permite transportarlo a la provincia de Buenos Aires para su deshidratación.

¹ Disponible en: <https://www.ocla.org.ar/>



Figura 2.2: Localización de las industrias lácteas en La Pampa

Según la información tomada del Ministerio de la producción de la provincia de La Pampa, la mayoría de las empresas utilizan el lactosuero para alimentación de animales o se vuelca como efluente (Tabla 2.3).

Tabla 2.3: Volúmenes procesados de leche, cantidad de empresas en la provincia y destino del lactosuero generado. Información provista por el Ministerio de Producción.

Procesamiento de leche	Cantidad de empresas	Destino del lactosuero generado
1.000 a 10.000 lt/día	13	Alimentación de animales; volcado a efluente
10.000 a 50.000 lt/día	5	Alimentación de animales; volcado a efluente; venta a terceros
> 50.000 lt/día	1	Alimentación de animales; volcado a efluente

Instalar una planta deshidratadora que permita obtener lactosuero en polvo, requiere de una inversión muy alta. La realidad de las industrias queseras medianas-pequeñas de nuestra provincia lleva a que el lactosuero no se procese y se descarte como residuo convirtiéndose, muchas veces, en lagunas de lactosuero (Figura 2.3). Esto ocasiona que, por un lado, se pierda la oportunidad de producir productos con alto valor biológico y, por otro, que se produzca un alto impacto ambiental. Según informa INTI Lácteos, 100 kg de lactosuero tienen una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de 3,5 kg y una demanda química de oxígeno (DQO) de 6,8 kg, esto equivale a la contaminación que producen 45 personas/día en aguas residuales (INTI-Lácteos)(Juliano *et al.*, 2017).



Figura 2.3. Laguna de lactosuero en una planta quesera. En la superficie se observa la grasa acumulada. Foto Crédito: Prensa UNLPam.

Como se discutió en el capítulo anterior, la cantidad de alimentos que se pierde en la cadena productiva y, por ende, no llega al consumidor final es muy alta. No utilizar el lactosuero debe verse como un alimento que no se aprovecha, ya que cómo se verá en el próximo capítulo, contiene importantes nutrientes.

Las alternativas de desarrollo para agregarle valor al lactosuero dependerán de diversos factores: tamaño de las empresas, logística,

capacidad de inversión y mercados. Es en este marco en el que las instituciones científico-tecnológicas, junto con organizaciones gubernamentales, debemos emprender acciones conjuntas para lograr la mejora de la sustentabilidad económica y ambiental de Pymes lácteas, generando desarrollos tecnológicos que posibiliten un aprovechamiento y valorización integral del lactosuero.

Referencias

- Cravero, R., Berra, C., Sanmartino, A., di Bartolo, E., & Machinea, E. (n.d.). *Recuperación y valorización de lactosuero en PYMES de la cuenca láctea argentina, a través de la asociación público-privada*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22617.54883>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Gateway to dairy production and products. Recuperado noviembre 2024 de <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-and-milk-products/>
- Juliano, P., González, M., Castells, M. L., Di Risio, J., García Flores, R., Rosenthal, A., Mellinger Silva, A. C., & Cristina Richter Krolow. (2017). *Valorización del lactosuero* (COMPILACIÓN GRACIELA MUSET Y MARÍA LAURA CASTELLS (ed.)). INTA.
- Medero, M. J., Herrera, J. N., Dominguez, F., Mazzola, W., & Olivieri, D. (2023). *Informe Cadena Láctea, provincia de La Pampa, febrero 2023* Observatorio de la Cadena Láctea. Recuperado noviembre 2024 de www.ocla.org.ar/

Capítulo 3.

Lactosuero

Isabel Gigli y Mario Calafat

El lactosuero es el subproducto líquido que se genera en la industria quesera. De acuerdo con el queso elaborado, se obtienen dos subproductos que se diferencian por el grado de acidez. En la fabricación de quesos de pasta blanda, la coagulación de la leche es ácida, y esto resulta en un cuajo fiable y un lactosuero con pH de 4,5. En cambio, en la elaboración de quesos duros o semiduros, el coágulo se produce por agregado de enzima quimosina. En este caso, el lactosuero que se forma tiene un pH mayor a 6. Comúnmente, se los denominan lactosuero ácido y dulce respectivamente.

Cualquiera sea la forma de elaboración del queso, el lactosuero retiene el 40% de los componentes sólidos de la leche (proteínas, grasa, lactosa, vitaminas, minerales) y entre el 80-90% del agua. En otras palabras, el lactosuero se diferencia de la leche fluida únicamente por no tener caseínas y contener una concentración menor de grasa, debido a que se coagula en el proceso de formación de la cuajada que dará origen al queso, arrastrando parte de la grasa y agua. Si lo comparamos con la leche, el lactosuero contiene el 20% de las proteínas; 8% de materia grasa y aproximadamente 95% de lactosa, además de conservar vitaminas y minerales. En la Tabla 3.1, se describen los porcentajes relativos de la composición del lactosuero.

Tabla 3.1: Composición del lactosuero (valores propios).

Composición	Concentración (%)
Grasa	0,7
Proteínas	0,9
Lactosa	4,5
Sólidos Totales	6,7
Sólidos No Grasos	6,1

Usos del lactosuero

El lactosuero contiene muchas proteínas. Las que se encuentran en mayor concentración son las lactoglobulinas y lactoalbúminas. En menor cantidad están presentes: albúmina sérica, lactoferrina, inmunoglobulinas y lactoperoxidasas. Todas estas proteínas tienen un importante valor biológico (Tabla 3.2).

Tabla 3.2: Valor biológico de los nutrientes presentes en el lactosuero.

Nutrientes	Valor biológico
Proteínas	
Beta lactoglobulina	Fuente de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) y aminoácidos esenciales
Alfa lactoalbúmina	Rico en triptofano, prebiótico, estimula producción de colestistoquinina
Glicomacropéptido	Mínima velocidad del proceso digestivo
Inmunoglobulinas	Modula microbiótica
Albúmina	Fuente de aminoácidos
Lactoferrina	Modula microbiótica
Lactoperoxidasa	Modula microbiótica
Glutación	Antioxidante
Hidratos de carbono	
Lactosa	Aporta energía
Minerales	
Potasio	Interviene en la función del sistema nervioso y contracción muscular
Calcio	Formación ósea
Fósforo	Formación ósea
Magnesio	Interviene en absorción intestinal del calcio y participa en función cardíaca
Zinc	Oligoelemento necesario
Hierro	Oligoelemento necesario
Cobre	Oligoelemento necesario
Vitaminas	
A, C, D, E y complejo B	Procesos inmunitarios, absorción de calcio y fósforo, antioxidante

A medida que se somete el lactosuero a diferentes procesos tecnológicos, la inversión inicial y energética de producción es mayor y, a su vez, requiere de un mercado más especializado y una logística más compleja.

En el **primer nivel**, el de menor inversión, se encuentra la utilización del lactosuero como alimentación directa de animales (cerdos y terneros). En este caso no hay elaboración, solo se requiere del traslado del producto y contar con un alto número de animales cercanos al lugar donde se genera el lactosuero. De lo contrario, el costo de traslado y de refrigeración harían poco factible el beneficio del uso directo como alimento animal.

Dentro de este rango de complejidad, también se lo ha utilizado como riego (Benítez de la Torre *et al.*, 2023). Se necesitarían más trabajos para cuantificar los efectos físicos y químicos que esta práctica podría ocasionar. Como se mencionó, las características de acidez del lactosuero varían según sea el proceso utilizado para la coagulación de la leche. El uso agrícola que podría dársele va a depender también de la sal añadida. Otro punto a considerar es que, aunque la acidez inicial es baja, se acidifica rápidamente. Cabe preguntarse si el ácido láctico podría ser beneficioso para la solubilización de fosfatos.

En **segundo nivel**, se encuentra la deshidratación del producto y su uso en la industria alimentaria (agregado en yogures, helados, productos de repostería) (Królczyk *et al.*, 2016).

La filtración por membranas produce un producto rico en proteínas. Por lo general estos productos están dirigidos a deportistas (López-Martínez *et al.*, 2022).

Otro de los usos es en la producción animal. En un experimento corto en el tiempo (7 días), investigadores de la Universidad de Davis, California (Carroll *et al.*, 2006), estudiaron el efecto en vacas alimentadas con aceite de soja protegida con una matriz proteica producida a partir de lactosuero. A través de este procesamiento particular del lactosuero, los resultados mostraron una disminución en la biohidrogenación ruminal y, por consiguiente, un aumento en la absorción de ácidos grasos insaturados en el intestino delgado. De esta forma, Carroll y colaboradores, postulan que el uso de proteínas de lactosuero en la matriz

proteica protege a los ácidos grasos de la dieta, logrando una leche de mejor perfil lipídico.

Por otro lado, el concentrado de minerales que se obtiene al desmineralizar el lactosuero es comercializado como suplemento nutricional. Contiene sodio, calcio, hierro, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre.

El **tercer nivel** tecnológico es la purificación de componentes específicos, como la lactosa que se utiliza en la industria alimentaria, o bien de proteínas específicas para uso en la industria farmacológica (Tabla 3.3). En este último caso, un ejemplo es la lactoalbúmina que contiene péptidos con acción antibacteriana (Pellegrini *et al.*, 1999). Estos péptidos ayudan a modular la microflora intestinal. Esta proteína contiene ocho cisteínas (uniProt database, A0A6M4EWI2)¹, aminoácido que tiene acción antiinflamatoria (Uraz *et al.*, 2013). La purificación y utilización de lactoalbúmina en suplementos dietarios es una línea de investigación y desarrollo innovador. Distintos laboratorios se están abocando a la aplicación de las fracciones proteicas del lactosuero para su uso en la industria.

En nuestro país los procesos tecnológicos que se emplean para el aprovechamiento son del primero o segundo nivel tecnológico (concentrado de proteínas y deshidratación) y en nuestra provincia principalmente del primer nivel.

Tabla 3.3: Usos del lactosuero según los procesos al que es sometido.

Procesos	Usos
Crudo	Alimento animal, uso agronómico
Deshidratado	Industria alimentaria
Concentrado de proteínas	Industria alimentaria (suplemento deportivo)
Purificado	Industria farmacológica

Así como ocurre con la leche, la calidad del lactosuero también comienza en el tambo. El manejo que se realice a las vacas lecheras dentro

¹ Disponible en: <https://www.uniprot.org/uniprotkb?query=lactoalbumin>

de un contexto de bienestar animal y sustentabilidad ambiental es fundamental. A continuación, se detallan los pasos que contempla la obtención de un lactosuero de calidad.

En el tambo

La leche debe ser obtenida en condiciones higiénicas y enfriada o transportada inmediatamente luego de su extracción a la sala de elaboración.

Se deben utilizar envases de plástico o acero inoxidable destinados solo con este fin, fáciles de vaciar y de lavar. El lavado se realiza luego de cada uso con detergente alcalino y una vez por semana con detergente ácido.

No se debe transportar la leche junto con sustancias químicas que signifiquen un riesgo para la salud (desinfectantes, pesticidas, detergentes, combustible).

En la Planta procesadora de quesos

1. Recepción en la planta

Se debe controlar el estado del tanque de recepción y de las mangueras de trasvase. Para eso, se debe proceder a la limpieza del tanque transportador y de las mangueras con detergente alcalino luego de cada descarga y una vez por semana con detergente ácido según indicaciones del fabricante.

- 2. Pasteurización:** se procede al tratamiento térmico de la leche.
- 3. Coagulación enzimática y fermentación**

Le leche pasteurizada se traslada a las tinas de elaboración, se añade el fermento, el cuajo (biológico o químico) y cloruro de calcio para facilitar su coagulación.

4. Corte de la cuajada y desuerado: las bateas pueden tener movimiento automático (recomendable) o bien requerir de personal que mueva la leche en forma constante y a baja velocidad. Este movimiento que se imparte junto con el corte de los coágulos permite eliminar el exceso de agua. El líquido vertido que queda como remanente de este proceso se denomina lactosuero.

De la tina, se recolecta el lactosuero a través de mangueras que lo conducen a un recipiente plástico ubicado por fuera de la sala de elaboración (Figura 3.1). El lactosuero debe ser enfriado o transportado directamente para su procesamiento.

El resto de los puntos corresponden a la elaboración del queso, por lo que solo se van a enumerar:

5. Moldeado: una vez logrado el coágulo, se introducen en moldes.
6. Desuerado y prensado
7. Salado
8. Maduración: dependiendo del queso que se pretende producir será el tiempo que permanezca en maduración.
9. Envasado

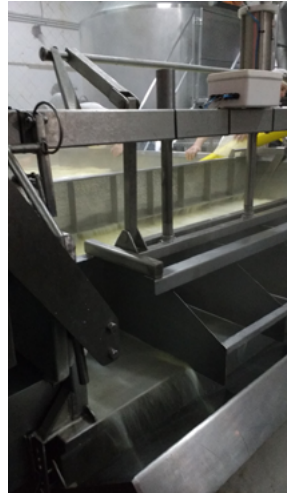
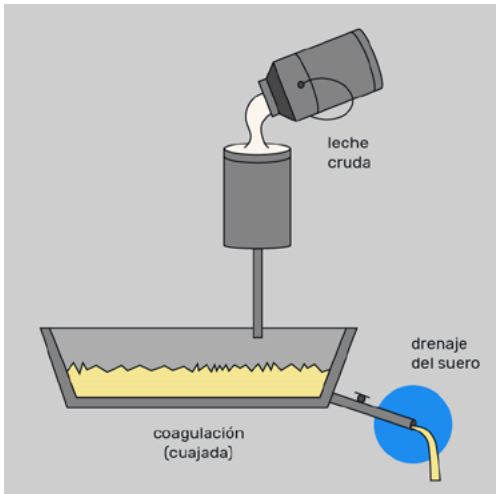


Figura 3.1: Generación del lactosuero durante la elaboración de quesos.

En la Planta procesadora del lactosuero

El lactosuero es transportado en envases plásticos o de acero inoxidable inmediatamente luego de obtenido. Por medio de mangueras se conduce a la tina de acero inoxidable donde se lo pasteuriza. Es importante controlar el pH antes de comenzar su procesamiento.

Con el fin de obtener productos con valor agregado de bajo costo tecnológico, hemos utilizado el lactosuero para el desarrollo de diferentes productos. El primer desarrollo fue utilizarlo como medio de cultivo para el desarrollo de levaduras (capítulo 4), luego en colaboración con la escuela Agrotécnica de Victorica, se elaboraron dos bebidas diferentes (capítulo 5). Los otros dos desarrollos se realizaron a partir de las proteínas del lactosuero, uno de ellos fue la elaboración de tortas proteicas para abejas (capítulo 6) y por último barritas proteicas (capítulo 7).

Referencias

- Benítez de la Torre, A., Pérez-Ramírez, E., Morales-García, Y. E., Muñoz-Rojas, J., Díaz-Ruiz, R., & Morales-Almora, P. (2023). Efecto del uso de lactosuero dulce en el riego de alfalfa y maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 29, e3532. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i29.3532>
- Carroll, S. M., DePeters, E. J., & Rosenberg, M. (2006). Efficacy of a Novel Whey Protein Gel Complex to Increase the Unsaturated Fatty Acid Composition of Bovine Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 640-650. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72128-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72128-2)
- Królczyk, J., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., & Sołowiej, B. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3), 157-165. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0052>
- López-Martínez, M. I., Miguel, M., & Garcés-Rimón, M. (2022). Protein and Sport: Alternative Sources and Strategies for Bioactive and Sustainable Sports Nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.926043>

- Pellegrini, A., Thomas, U., Bramaz, N., Hunziker, P., & Von Fellenberg, R. (1999). Isolation and identification of three bactericidal domains in the bovine α -lactalbumin molecule. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1426(3), 439–448. [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(98\)00165-2](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(98)00165-2)
- Uraz, S., Tahan, G., Aytekin, H., & Tahan, V. (2013). N-acetylcysteine expresses powerful anti-inflammatory and antioxidant activities resulting in complete improvement of acetic acid-induced colitis in rats. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 73(1), 61–66. <https://doi.org/10.3109/00365513.2012.734859>

Capítulo 4.

Producción de biomasa de levadura y de selenio orgánico

Mario Calafat e Isabel Gigli

Problema

En la ganadería en general y en la producción lechera en particular, el déficit de proteínas por el consumo de forrajes de baja calidad impacta negativamente en el crecimiento y la producción del animal. Para cubrir ese déficit se utilizan frecuentemente suplementos proteicos.

Además de los problemas de calidad de forrajes en nuestra región semiárida, se observa baja concentración de ciertos minerales como por ejemplo selenio (Mehdi & Dufrasne, 2016). El selenio es un microelemento importante en la salud; actúa como cofactor de la enzima glutatión peróxidasa que interviene en el sistema antioxidante (Smith *et al.*, 1974) y es fundamental para el funcionamiento de la glándula tiroides (Beckett *et al.*, 1993). El déficit de selenio podría estar relacionado con la alta incidencia de hipotiroidismo en nuestra provincia. En un estudio en Jacinto Arauz, se determinó sobre una muestra de 50 personas que el 48% presentaba hipotiroidismo. Si bien tradicionalmente esta desregulación hormonal se asocia a carencia de yodo, el déficit de selenio interfiere en la conversión de la pre-hormona tiroxina (T4) en la hormona con actividad biológica, triyodotironina (T3) (Beckett *et al.*, 1987) y por lo tanto también podría estar asociado.

En bovinos, el déficit de selenio se ha correlacionado con inmunosupresión, retención de placenta y disminución en la producción de leche (Julien *et al.*, 1976; Moeini *et al.*, 2009). Terneros con bajos niveles plasmáticos de selenio, tienen un crecimiento más lento (Gleed *et al.*, 1983) y pueden llegar a manifestar una alteración identificada hace muchos años y que aún se produce, denominada enfermedad del músculo blanco (Andrews *et al.*, 1968).

La presencia de vitaminas, minerales y lactosa en lactosuero garantiza el crecimiento de levaduras en particular de aquellas especies que expresan la enzima lactasa y pueden desdoblar la lactosa para utilizarla como fuente de carbono.

Por todo lo expuesto, nos propusimos utilizar el lactosuero como medio de cultivo para producir levaduras como suplemento proteico y como suplemento de selenio orgánico. Este producto lo hemos llevado a cabo en conjunto con los investigadores Diego Nosedá y Nicolás Gurdo en la Universidad de San Martín.

Antecedentes

La administración de levaduras en dietas para bovinos se utiliza desde hace más de 60 años. Su aporte como probiótico tiene resultados contradictorios: algunos autores encuentran diferencias en producción de leche como respuesta al uso de levaduras (Swartz et al., 1994) y otros no reportan diferencias (Wohlt et al., 1991). Sin embargo, su valor como aporte nutritivo proteico es incuestionable. Los productos comerciales utilizan levaduras *Saccharomyces cerevisiae* que se obtiene como residuo de otras industrias (por ejemplo, de la industria cervecera).

Con respecto al uso de selenio como suplemento nutricional, existen dos tipos de productos comerciales: las sales inorgánicas y el selenio orgánico. Este último es el que se encuentra formando parte de proteínas a través de su unión con los aminoácidos cisteína y metionina (Brennan et al., 2011). El selenio orgánico tiene una mejor biodisponibilidad que el suministrado en su forma inorgánica. Los productos comerciales utilizan *Saccharomyces cerevisiae* enriquecidas en selenio.

Los objetivos que nos planteamos fueron optimizar un medio de cultivo para la producción de levaduras en base a lactosuero y producir levaduras enriquecidas en selenio. Para ello, utilizamos la especie *Kluyveromyces marxianus* que expresa la enzima lactasa y la usa como fuente energética.

Producto: suplemento proteico de levaduras en un cultivo a base de lactosuero

Como primer paso, pusimos a punto el medio de cultivo a base de lactosuero para el crecimiento de levaduras *Kluyveromyces marxianus*. Esta levadura fue adquirida por colaboración de la empresa Weizur desde el Instituto Leibniz- DSMZ (Alemania).

Primero comparamos el crecimiento de las levaduras en dos medios comerciales: YPD que contiene glucosa como fuente energética y YPL, que presenta lactosa. Los patrones de crecimiento en los dos medios comerciales fueron similares (13,8 y 13,5 g materia seca/lit en YPD y YPL respectivamente), esto mostró que las levaduras utilizadas pueden obtener energía desde la lactosa de forma tan eficiente como desde la glucosa. Con esto, comprobamos que es posible considerar el lactosuero como medio de cultivo. La descripción de los componentes de los medios utilizados se describe en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Componentes de los medios de cultivo comerciales y desarrollados a base de lactosuero utilizados para el crecimiento de las levaduras *kluyveromyces marxianus*.

Medio de cultivo	Componentes	pH
Comercial específico para levaduras con glucosa	1% levaduras, 2% peptona, 2% glucosa y 2% agar	5,5
Comercial específico para levaduras con lactosa	1% levaduras, 2% peptona, 2% lactosa y 2% agar	5,5
Lactosuero sin agregados	Lactosuero	6,5
Lactosuero con agregado de proteínas	lactosuero, peptona 2% y extractos de levaduras 1%	6,5
Lactosuero con agregados de potasio	Lactosuero, peptona 0,5%, extracto de levadura 0,25%, K ₂ HPO ₄ 0.1%	6,5
Lactosuero con agregado de potasio y sulfato de amonio	Lactosuero, (NH ₄) ₂ SO ₄ 0,5%, K ₂ PO ₄ 0,1%	6,5

Los cuatro medios a base de lactosuero (1. puro, 2. con agregado de proteínas, 3. con agregado de sales de potasio y 4. con agregado de sales de potasio y sulfato de amonio) tuvieron similares valores de crecimiento entre sí, como así también comparado con los comerciales. Sin embargo, el medio de cultivo con lactosuero puro (sin ningún agregado), alcanzó una fase estacionaria de crecimiento en menor tiempo. Con el agregado de sales, la tasa de crecimiento obtenida fue tan alta como con los medios comerciales. Estos resultados confirmaron que utilizando el lactosuero como medio de cultivo se consigue un crecimiento de levaduras de forma eficiente a bajo costo que permite su utilización para generar un suplemento proteico.

Producto: selenio orgánico^{1,2}

Al agregar selenio al medio de cultivo, la levadura lo incorpora y lo une a sus aminoácidos cisteína y metionina. Se compararon diferentes concentraciones de selenio y se identificó la concentración máxima que no afectara el crecimiento. Una vez obtenida la biomasa de levadura enriquecida con selenio, se procedió a deshidratar la biomasa (Figura 4.1).

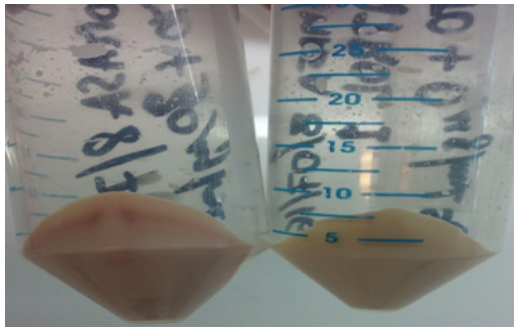


Figura 4.1: Pellet de levaduras. Obsérvese el cambio de color que responde a la incorporación de selenio en las levaduras de la izquierda.

- 1 Este producto fue desarrollado con financiación parcial de la empresa Weizur.
- 2 Estos resultados fueron publicados en: Gurdo, N.; Calafat, M.J.; Noseda, D.G.; Gigli, I.; Production of selenium-enriched yeast (*Kluyveromyces marxianus*) biomass in a whey-based culture medium; Science Publications; American Journal of Biochemistry and Biotechnology; 14; 2; 8-2018; 175-182.

Para determinar la eficiencia de utilizar las levaduras enriquecidas con selenio como suplemento dietario se realizaron dos ensayos a campo. El primer con terneros de más de 60 días de edad a los que se les suministró las levaduras enriquecidas con selenio mezcladas con balanceado durante 7 días (0,6 mg de selenio/animal/día) (Figura 4.2).



Figura 4.2: Erlenmeyer con levaduras enriquecidas con selenio en medio líquido.
Balanceado con el agregado de las levaduras deshidratadas.
Terneros recibiendo balanceado con levaduras enriquecidas con selenio.

Para evaluar el efecto de la suplementación con selenio, el día 0 y al día 10 luego de iniciado el tratamiento, se obtuvieron muestras de sangre de los animales y se determinó la concentración plasmática de selenio. Los resultados de laboratorio mostraron que la suplementación produjo un aumento significativo del selenio plasmático en los animales. Los valores de selenio iniciales en promedio del grupo de terneros fue de 19,2 mg/L y en el día 10 de 114,8 mg/Lt ($p = 0.005$) (Gurdo *et al.*, 2018). También se realizó un ensayo con levaduras enriquecidas en selenio en pollos parrilleros en la escuela Agrotécnica

de Victorica, a cargo de la profesora Ing. Agr. Claudia Gorozurreta³. A su vez, trabajos publicados demuestran que la suplementación con selenio protege del estrés oxidativo al aumentar la actividad de enzimas antioxidantes (Celi *et al.*, 2014).

En el ensayo realizado por los estudiantes de la escuela Agrotécnica, se determinó que la incorporación de selenio en la dieta de pollos parilleros no modificó el comportamiento productivo ni la concentración del mineral en los músculos pectorales, comparado con un grupo que no recibió selenio. Sin embargo, sí se observó una modificación en la oxidación de los lípidos musculares. Este resultado estaría en concordancia con los reportados en la bibliografía sobre la intervención del selenio en la actividad de enzimas antioxidantes y podría estar asociado a una mayor vida útil de la carne.

Conclusión

La utilización del lactosuero como medio de cultivo es un medio económico y adecuado para producir levaduras como suplemento proteico. Por otro lado, con el agregado de selenio al medio de cultivo, las levaduras lo incorporan y constituyen una excelente fuente de selenio orgánico.

Referencias

- Andrews, E. D., Hartley, W. J., & Grant, A. B. (1968). Selenium-responsive diseases of animals in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 16(1-2), 3-17. <https://doi.org/10.1080/00480169.1968.33738>
- Beckett, G. J., Beddows, S. E., Morrice, P. C., Nicol, F., & Arthur, J. R. (1987). Inhibition of hepatic deiodination of thyroxine is caused by selenium deficiency in rats. *Biochemical Journal*, 248(2), 443-447. <https://doi.org/10.1042/bj2480443>

³ Los resultados de estos ensayos fueron presentados por los estudiantes de la escuela Agrotécnica de Victorica en la Feria Nacional de Innovación Educativa 2019 - Tecnópolis - Villa Martelli-Gran Buenos Aires, el proyecto fue presentado con el nombre "Sabroso y Saludable".

- Beckett, G., Nicol, F., Rae, P., Beech, S., Guo, Y., & Arthur, J. (1993). Effects of combined iodine and selenium deficiency on thyroid hormone metabolism in rats. *Am J Clin Nutr.*, 57(2), 240s-243s.
- Brennan, K., Burris, W., Boling, J., & Matthews, J. (2011). Selenium content in blood fractions and liver of beef heifers is greater with a mix of inorganic/organic or organic versus inorganic supplemental selenium but the time required for maximal assimilation is tissue-specific. *Biol Trace Elem Res.*, 144(1-3), 504-516.
- Celi, P., Selle, P. H., & Cowieson, A. J. (2014). Effects of organic selenium supplementation on growth performance, nutrient utilisation, oxidative stress and selenium tissue concentrations in broiler chickens. *Animal Production Science*, 54(7), 966. <https://doi.org/10.1071/AN13116>
- Gleed, P., Allen, W., Mallinson, C., Rowlands, G., Sansom, B., Vagg, M., & Caswell, R. (1983). Effects of selenium and copper supplementation on the growth of beef steers. *Vet Rec.*, 113(17), 388-392.
- Gurdo, N., Calafat, M., Nosedá, D. G., & Gigli, I. (2018). Production of selenium-enriched yeast (*Kluyveromyces marxianus*) biomass in a whey-based culture medium. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 14(2). <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2018.175.182>
- Julien, W., Conrad, H., Jones, J., & Moxon, A. (1976). Selenium and vitamin E and incidence of retained placenta in parturient dairy cows. *J Dairy Sci.*, 59(11), 1954-1959.
- Mehdi, Y., & Dufrasne, I. (2016). Selenium in Cattle: A Review. *Molecules*, 21(4), 545. <https://doi.org/10.3390/molecules21040545>
- Moeini, M., Karami, H., & Mikaeili, E. (2009). Effect of selenium and vitamin E supplementation during the late pregnancy on reproductive indices and milk production in heifers. *Anim Reprod Sci.*, 114(1-3), 109-114.
- Smith, P., Tappel, A., & Chow, C. (1974). Glutathione peroxidase activity as a function of dietary selenomethionine. *Nature*, 247(5440), 392-393.
- Swartz, D. L., Muller, L. D., Rogers, G. W., & Varga, G. A. (1994). Effect of Yeast Cultures on Performance of Lactating Dairy Cows: A Field

Study. *Journal of Dairy Science*, 77 (10), 3073-3080. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77249-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77249-0)

Wohlt, J. E., Finkelstein, A. D., & Chung, C. H. (1991). Yeast Culture to Improve Intake, Nutrient Digestibility, and Performance by Dairy Cattle During Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 74(4), 1395-1400. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78294-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78294-5)

Capítulo 5.

Bebidas a base de lactosuero

**Claudia Gorozurreta, Tamara Benito,
Mario Calafat, Franco Schall Freres e
Isabel Gigli**

Problema

La industria láctea de la Escuela Provincial Agrotécnica “Florencio E. Peirone” de Victorica, La Pampa, procesa anualmente alrededor de 26.000 litros de leche, de los cuales 20.000 se destinan a la elaboración de diferentes tipos de quesos. En el año 2018, se evidenció el problema ambiental que genera el desechar 18.000 litros anuales de lactosuero sin tratamiento. Lo que presenta una demanda química de oxígeno (DQO) de 52.000 mgO₂ /l, superior a lo permitido por la legislación vigente. Luego de estudiar alternativas, nos propusimos elaborar bebidas a base de lactosuero. Como resultado de estos trabajos, se desarrollaron dos tipos de bebidas con diferentes propiedades: la primera reducida en lactosa, de consistencia líquida obtenida por incubación enzimática y la segunda, fermentada con bacterias lácticas que da como resultado una bebida con mayor densidad.

Antecedentes

Una bebida que aporte vitaminas, minerales, antioxidantes y fibras prebióticas tendría una buena aceptación entre los consumidores que cada vez son más conscientes de la importancia de los alimentos funcionales. Estos componentes beneficiosos para la salud están presentes en forma natural en el lactosuero. Por lo que resultaría una bebida nutritiva ideal para niños en crecimiento (de Matos Reis *et al.*, 2021; Tallapragada & Rayavarapu, 2019). También presenta características positivas para deportistas, debido a que la concentración de minerales del lactosuero permite reemplazar la pérdida de electrolitos durante el ejercicio (Li *et al.*, 2018). Además, al contener una concentración alta de leucina, se observa una mayor síntesis proteica luego del ejercicio, en individuos que consumieron lactosuero comparado con el grupo control (Hamarsland *et al.*, 2017).

La utilización del lactosuero como bebida no es un desarrollo novedoso, de hecho, existe una patente norteamericana del año 1898. Sin embargo, y pese a que en otros países como Paraguay y Colombia se consume, en nuestro país no se produce comercialmente.

El lactosuero presenta como inconveniente la alta concentración de lactosa. Por lo tanto, como primer paso, se puso a punto un protocolo de reducción de la lactosa; luego se probaron diferentes aditivos para darle a la bebida óptimas características organolépticas.

Como vimos en el Capítulo 3, el lactosuero tiene muchos nutrientes que están siendo desaprovechados. Asimismo, teniendo en cuenta la huella hídrica en la producción de quesos y recordando que el lactosuero tiene el 90% del agua de la leche, es importante desarrollar alternativas para su uso como bebida ya que permite generar un producto sin residuos contaminantes finales.

Producto: bebida a base de lactosuero

Los estudiantes de 7mo año de la Escuela Agrotécnica “Florencio E. Peirone” de Victorica (Figura 5.1) desarrollaron este proyecto en el laboratorio y en el sector didáctico productivo de Industrialización de Productos Lácteos de la institución. El trabajo consistió en las siguientes etapas: 1. elaboración de la bebida, 2. evaluación sensorial y 3. estudio económico.

El flujo de producción se grafica en la figura 5.2 y el producto final se muestra en la figura 5.3.



Figura 5.1: Estudiantes de 7mo año de la Escuela Provincial Agrotécnica (EPA) “Florencio Ernesto Peirone” de Victorica junto con la docente Claudia Gorozurreta

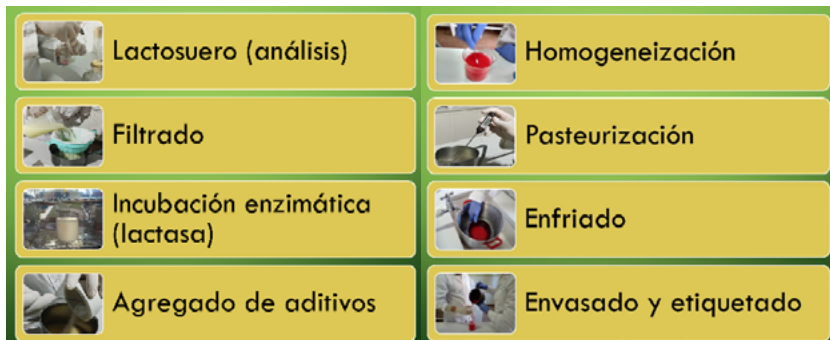


Figura 5.2: Flujo de producción de la bebida a base de lactosuero deslactosado.



Figura 5.3: Producto final: Bebida deslactosada a base de lactosuero.

Con este desarrollo, en 2019, los estudiantes (Figura 5.4) obtuvieron el primer puesto en la modalidad ETP B 4 (desarrollo de productos sustentables que promueven la conservación del medio ambiente) y una mención especial del Instituto Nacional de Educación Técnica.



Figura 5.4: Estudiantes junto a la docente Claudia Gorozurreta presentando el proyecto en Feria Nacional de Innovación Educativa 2019.

En el año 2020, el proyecto fue seleccionado por la Dirección Nacional de Inclusión y Extensión Educativa para participar de la mesa “Ambiente y Participación Juvenil”, coordinado por Educación Ambiental de la Subsecretaría de Educación Social y Cultural. En 2021, ganaron la final provincial de AgroMakers en Santa Fe (Figura 5.5), organizada conjuntamente por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación, la Fundación Bolsa de Comercio de Rosario y la Universidad Austral.

Otra alternativa para reducir la lactosa es utilizar bacterias probióticas que le otorgan al producto final un sabor similar al yogur. Este producto no se comercializa en nuestro país, aunque existe una patente japonesa.

Los estudiantes (Figura 5.6) probaron diferentes condiciones de incubación, variando temperatura, tiempo y concentración de bacterias. Se empleó un cultivo liofilizado comercial para yogur, compuesto por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. En la Figura 5.7 se describen los pasos del flujo de producción.



Figura 5.5: Estudiantes recibiendo el Primer puesto en AgroMakers.



Figura 5.6: Estudiantes que elaboraron la bebida a base de lactosuero fermentada con bacterias probióticas.

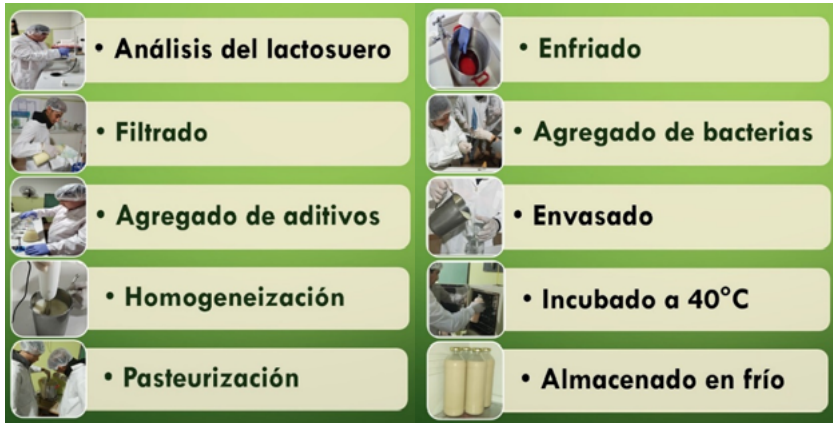


Figura 5.7: Flujo de producción de bebidas a base de lactosuero fermentada con bacterias probióticas.

Tabla 5.1: Información nutricional de la bebida a base de lactosuero con agregado de leche.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Porción: 200 ml (1 vaso)

	PORCIÓN	%VD(*)
Valor energético	184 Kcal	9
Carbohidratos	30,2 g	10
Proteínas	2,9 g	4
Grasas totales	2,1 g	4
Grasas saturadas	0,7 g	3
Grasas Trans	0,0 g	0
Fibra alimentaria	0,0 g	0
Sodio	92 mg	4

(*) Valores diarios con base a una dieta de 2.000 Kcal/8.400 kj



Figura 5.8: Producto final de bebidas fermentadas a base de lactosuero.

Se desarrollaron diferentes fórmulas, de las cuales se seleccionaron las más apetitosas de acuerdo a las características organolépticas. Por último, se realizó una prueba sensorial con dos bebidas: una de lactosuero puro y la otra con el agregado de leche. La evaluación

organoléptica se realizó con estudiantes, personal docente y no docente de la institución. Los resultados mostraron mayor aceptación de la bebida a base de lactosuero con agregado de leche (Figura 5.8). En la Tabla 5.1 se observa la información nutricional. El estudio económico determinó la viabilidad de la producción en la escala producida.

Con la elaboración de la bebida fermentada a base de lactosuero, los estudiantes participaron en la Feria Nacional de Educación, Artes, Ciencias y Tecnología, edición 2023 (Figura 5.9).

Resultaron ganadores en la categoría “Escuelas Técnicas y Agrotécnicas” de la 18ª Edición del Concurso Nacional de Innovaciones, INNOVAR 2023 (Figura 5.9).



Figura 5.9: Estudiantes en la Feria Nacional de Educación, Artes, Ciencias y Tecnología, 2023.

Conclusión

La producción de bebidas a base de lactosuero tuvo una amplia aceptación entre los estudiantes y personal de la Escuela Agrotécnica. El proceso de aprendizaje utilizando lactosuero, les ha permitido valorar la importancia de desarrollar productos alternativos con valor agregado.

La elaboración de las bebidas es simple y fácil, ya que no presenta dificultades tecnológicas. Se aprovecha el valor nutricional del lactosuero, reduciendo casi en su totalidad el impacto ambiental generado por el efluente.

Al producir estas bebidas se genera una economía circular: el lactosuero es un subproducto que se utiliza como insumo de otro producto y no como un residuo. Para elaborarlo en forma comercial se requiere evaluar su producción a gran escala y considerar la vida útil del producto.

Referencias

- de Matos Reis, S., Mendes, G. da R. L., Mesquita, B. M. A. de C., Lima, W. J. N., Pinheiro, C. A. F. D., Ruas, F. A. O., Santos, G. L. M., & Brandi, I. V. (2021). Development of milk drink with whey fermented and acceptability by children and adolescents. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2847-2852. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05003-w>
- Hamarsland, H., Nordengen, A. L., Nyvik Aas, S., Holte, K., Garthe, I., Paulsen, G., Cotter, M., Børsheim, E., Benestad, H. B., & Raastad, T. (2017). Native whey protein with high levels of leucine results in similar post-exercise muscular anabolic responses as regular whey protein: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0202-y>
- Li, L., Sun, F.-H., Huang, W. Y.-J., & Wong, S. H.-S. (2018). Effects of whey protein in carbohydrate-electrolyte drinks on post-exercise

rehydration. *European Journal of Sport Science*, 18(5), 685-694.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1442499>

Tallapragada, P., & Rayavarapu, B. (2019). Recent Trends and Developments in Milk-Based Beverages. *Milk-Based Beverages: Volume 9: The Science of Beverages*, 139-172. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815504-2.00005-0>

Capítulo 6.

Suplementos proteicos para abejas

**Franco Schall Fredes, Mario Calafat e
Isabel Gigli**

Problema

En abril de 2018, el gobierno de La Pampa organizó el evento “Semana de la miel”. En este marco, se realizó una reunión con productores y entes relacionados con la producción (cooperativas, comercializadores), propusimos conformar una mesa de trabajo con el objetivo de identificar problemas y debilidades existentes en el aspecto nutricional de las colmenas. El principal problema planteado por los productores fue la falta de proteínas en determinados momentos del año.

Antecedentes

El avance de los cultivos de soja y maíz han producido una pérdida de fuentes de alimentación para abejas. Los productos comerciales disponibles consisten en suplementos energéticos, pero muchas veces el problema es la falta de proteínas. Sin embargo, no se encuentran en el mercado productos nacionales a base de proteínas. Los que se comercializan son importados y tienen un costo elevado. Ante esta situación, los productores apícolas recurren a la producción casera de suplementos, pero les resulta engorrosa la producción y muy poco eficiente. La falta de proteínas en la dieta se traduce en descenso de números de abejas, mortandad de crías y problemas sanitarios. Las dietas deficitarias en proteínas afectan, entre otros problemas fisiológicos, el desarrollo de las glándulas hipofaríngeas, fundamentales para la producción de la jalea real (Ahmad *et al.*, 2021). La concentración proteica del polen se encuentra entre el 18 al 30% según su origen. En un artículo de revisión (Brodschneider & Crailsheim, 2010) se realiza una exhaustiva recopilación sobre artículos científicos referidos a los requerimientos nutricionales y su impacto en la

salud de abejas productoras, los autores concluyen que los requerimientos proteicos diarios son entre 3 y 4 gramos.

Esta problemática planteada a nivel provincial tiene su correlato nacional y mundial. En el foro realizado por la Plataforma Intergubernamental Científico Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES), un órgano independiente creado para evaluar el estado de la biodiversidad del planeta¹, recopilaron información de 138.784 colmenas de abejas melíferas y 2.199 de abejas nativas sin aguijón de diversos países entre ellos Argentina. Con una pérdida del 34% de sus colmenas de abejas melíferas, Argentina, es el quinto país de América latina en mortalidad. Señalan el modelo agrícola basado en soja, como causante del impacto negativo sobre la biodiversidad de los polinizadores.

En relación con la problemática en La Pampa, realizamos una encuesta diagnóstica con una participación de cuarenta y cuatro productores apícolas. Los productores indicaron tener problemas en diferentes épocas del año de acuerdo a la zona donde colocan las colmenas: los productores del norte de la provincia manifestaron falta de oferta de polen en primavera, atribuido a la disminución de la diversidad floral. En cambio, en la región centro sur, los problemas de nutrición los observan en invierno y comienzo de la primavera.

El 66% de los que respondieron la encuesta manifestaron realizar alimentación artificial. De esos 19 productores que aportan suplementación, el 79% utiliza recetas energéticas caseras, si bien reconocen la importancia, no realizan suplementación proteica. Se indagó sobre la causa de no utilizar suplementos proteicos y la mayoría de las respuestas apuntó a los costos y la logística de suministro.

Producto

Dando respuesta a esta problemática, desarrollamos un suplemento proteico de fácil manejo y bajo costo utilizando proteínas del lactosuero.

¹ Disponible en: <https://www.ipbes.net/>

En la Figura 6.1, se observa la coagulación de las proteínas del lactosuero. Luego, se procede a la separación por filtración (Figura 6.2) y secado del producto (Figura 6.3). La preparación final de las tortas proteicas se realiza con el agregado de miel y azúcar (Figura 6.4). Las figuras 6.5; 6.6 y 6.7 muestran el producto final y su colocación en los paneles.



Figura 6. 1: Acidificación del lactosuero para lograr que las proteínas queden en superficie.



Figura 6. 2: Recuperación manual de las proteínas del lactosuero.

Para determinar la aceptación de las proteínas obtenidas, se realizó la suplementación de 12 colmenas con 400 g de suplemento y cuatro con 600 g de suplemento. Se tomó como referencia la cantidad que se utiliza con suplementos comerciales. Se removió la rejilla excluidora de las colmenas para no limitar el espacio de postura de la reina. Es importante aclarar que el ensayo se realizó en un período de seca (como es habitual en nuestra región semiárida) y por consiguiente el ingreso de polen a la colmena estaba retrasado. Todo el suplemento proteico fue consumido en menos de 24 horas demostrando su aceptación por parte de las abejas. Estos ensayos se repitieron en años siguientes (2021, 2022) obteniendo resultados consistentes.

Este producto obtuvo en 2019 el Primer Premio al Emprendedurismo, otorgado por la UNLPam.

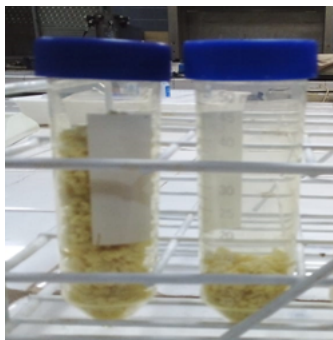


Figura 6.3: Proteínas de lactosuero deshidratadas previo a la pulverización.



Figura 6.4: Preparación de las tortas proteicas.



Figura 6.5: Tortas proteicas para suplemento apícola.



Figura 6.6: Colocación de las tortas proteicas.



Figura 6.7: Tortas proteica en el panal.

Conclusión

Partiendo del lactosuero, desarrollamos un suplemento proteico económico para el apicultor, que aporta proteínas a las colmenas. El suplemento desarrollado es consumido rápidamente por las abejas. Su preparación a bajo costo, su fácil administración y su aceptación por parte de las abejas demuestran el potencial de uso del producto.

Referencias

- Ahmad, S., Khan, S. A., Khan, K. A., & Li, J. (2021). Novel Insight Into the Development and Function of Hypopharyngeal Glands in Honey Bees. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.615830>
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- IPBES (2016): Resumen para los responsables de formular políticas del informe de evaluación de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V. Dicks, L. A. Garibaldi, R. Hill, J. Settele, A. J. Vanbergen, M. A. Aizen, S. A. Cunningham, C. Eardley, B. M. Freitas, N. Gallai, P. G. Kevan, A. Kovács-Hostyánszki, P. K. Kwapong, J. Li, X. Li, D. J. Martins, G. Nates-Parra, J. S. Pettis, R. Rader y B. F. Viana (eds.). págs. 1 a 28.

Capítulo 7.

Barritas proteicas

Mario Calafat e Isabel Gigli

Problema

La oferta de barritas proteicas para deportistas o personas en general ha aumentado mucho en los últimos años. Existen variedad de marcas que comercializan productos con proteínas de diferente origen, incluso de lactosuero. El problema que encontramos era el elevado precio de venta.

Con el objetivo de fortalecer la integración del conocimiento y desarrollos tecnológicos vinculados con soluciones para el acceso a la alimentación, nos propusimos utilizar las proteínas del lactosuero para elaborar barritas proteicas.

Antecedentes

Para la producción en gran escala, el secado del lactosuero requiere de una inversión muy alta y de una tecnología que consume mucha energía durante el proceso de elaboración. Secar lactosuero es más costoso que el proceso de secado de la leche por la menor cantidad de solutos. La forma de secado en una escala menor es más económica y si bien no es tan eficiente, permite la producción de un producto a un costo más accesible.

Producto

El proceso comprende calentar el lactosuero a 90° C y disminuir el pH para recuperar las proteínas y someterlas a un proceso de deshidratación durante la noche en un horno de secado (Figura 7.1). Esto elimina aproximadamente el 90% del agua. Las proteínas secas se pulverizan

para obtener un producto homogéneo (Figura 7.2). Cada 100 gramos del producto deshidratado que utilizamos en la elaboración, contiene 44 gramos de proteínas. Como el proceso no utiliza la concentración de proteínas por membrana o intercambio de iones, el producto final contiene grasa y una baja cantidad de carbohidratos. En la tabla 7.1 se observan las cantidades en gramos de los aminoácidos presentes. A partir de este polvo, se elaboran las barras con agregado de diferentes ingredientes tales como chocolate y miel.



Figura 7.1: Proteínas de lactosuero en horno de secado.



Figura 7.2: Pulverización de las proteínas deshidratadas.

Tabla 7.1: Aminoácidos aportados

Aminoácido	mg/100g Producto
Aspártico + Asparagina	4,9
Glutámico + Glutamina	7,8
Glicina	979,0
Serina	2,3
Treonina	2,2
Histidina	978,0
Tirosina	1,5
Arginina	1,4
Alanina	2,3
Metionina	593,0
Valina	1,4
Triptofano	448,0
Fenilalanina	1,5
Isoleucina	1,4
Leucina	5,0
Lisina	4,9
Prolina	2,9
Hidroxoprolina	<0,1
Ornitina	78,0
Taurina	<0,1
Cistina + Cisteína	1,4

Conclusión

El secado del lactosuero a escala productiva es una inversión muy alta, por lo que nos propusimos una producción artesanal. La utilización de proteínas de lactosuero para la preparación de barritas

proteicas requiere una metodología de elaboración que a bajo nivel de producción es posible de lograr y se obtiene así un producto final a un costo posible.

Capítulo 8.

Reflexiones finales

Los desarrollos presentados en este texto reintroducen el lactosuero a la cadena alimentaria. Si bien existe tecnología de punta que permite utilizar el lactosuero, nuestro trabajo se enfoca en encontrar alternativas que no requieran una gran inversión de ejecución ni presenten dificultad tecnológica de implementación. Utilizar el lactosuero reduce la contaminación ambiental, aprovechando el valor nutricional de lo que muchas veces es considerado un residuo. Es importante resaltar la importancia de la economía circular y fomentar el desarrollo regional con una visión productiva sustentable.

Nuestra principal motivación, como docentes y profesionales, es promover soluciones ambientales-socio-productivas, generando un círculo de reutilización de lo que hoy es considerado un desecho y un contaminante ambiental. Transformando, con un proceso muy poco complejo, en un producto que resuelva otra demanda de la población. Creemos que es prioritario generar en los productores agropecuarios un cambio de paradigma basados en protocolos de REDUCIR, RECICLAR y REUTILIZAR, con el fin de disminuir la huella de agua y de carbono que generan los productos. Para ello, tenemos que dejar de ver al lactosuero como desperdicio y valorarlo como producto alimentario.



Santa Rosa, La Pampa, junio de 2025