

DESARROLLO AGRO INDUS TRIAL

UN IMPULSO PARA LA PRODUCCIÓN
ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN

COLECTIVO DE AUTORES



Editorial Unach

DESARROLLO AGRO INDUS TRIAL

UN IMPULSO PARA LA PRODUCCIÓN
ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN



Editorial Unach

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

Rector

Ph.D. Gonzalo Nicolay Samaniego Erazo

Vicerrectora Académica

Ph.D. Lida Mercedes Barba Maggi

Vicerrector de Investigación, Vinculación y Posgrado

Ph.D. Luis Alberto Tuaza Castro

Vicerrectora Administrativa

Mag. Yolanda Elizabeth Salazar Granizo

Comité Editorial y de Propiedad Intelectual 2023-2025:

Presidente: Ph. D. Luis Alberto Tuaza Castro

Directora de Investigación: Ph.D. Magda Cejas Martínez

Responsable de GCPI: Ph.D. Carlos Gafas González

Secretaria: Mag. Sandra Zúñiga Donoso

Miembros:

Principales:

Ph. D. Karina Paredes Páliz; Ph. D. Paola Vinueza Naranjo; Ph. D. María Eugenia Lucena;
Ph. D. Patricia Hernández Medina; Ph. D. Lexinton Cepeda Astudillo; Ph. D. Gabith M.
Quispe Fernandez; Ph.D. Carlos Gafas González

Suplentes:

Ph. D. Benito Mendoza Trujillo; Ph. D. Manuel Cañas Lucendo; Ph. D. Gabriel Ramírez Torres;
Ph. D. Santiago Barriga Fray; Ph. D. Julio Bravo Mancero; Ph. D. Silvia Aldaz Hernández

**Título de la obra: DESARROLLO AGROINDUSTRIAL, UN IMPULSO PARA LA
PRODUCCIÓN ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN**

Editores:

Paola Gabriela Vinueza Naranjo, Vanessa Lucía Abad Quevedo

Publicación arbitrada por pares externos anónimos

Primera edición – abril 2024

Editorial Unach, 2024

Ediciones: Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Campus La Dolorosa Avda.
Eloy Alfaro y 10 de Agosto

Teléfono: (593-3) 3730910 ext. 2007 • Email: gcpi@unach.edu.ec

Web: <https://editorial.unach.edu.ec/index.php/Editorial>

Diseño Gráfico: Unach

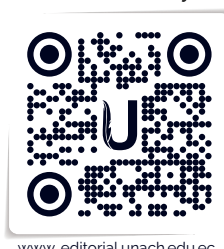
Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción de esta obra por cualquier medio impreso, reprográfico o electrónico. El contenido, uso de fotografías, gráficos, cuadros, tablas, y referencias es de exclusiva responsabilidad de los autores

ISBN FÍSICO: 978-9942-615-01-2

ISBN DIGITAL: 978-9942-615-07-4

Impresión: Editorial Unach, Riobamba - Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.117>



www.editorial.unach.edu.ec

DESARROLLO

AGRO INDUS TRIAL



UN IMPULSO PARA LA PRODUCCIÓN
ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN

Filiación editores:

Paola Gabriela Vinueza Naranjo
Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador
paolag.vinueza@unach.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3658-5288>

Vanessa Lucía Abad Quevedo
Universidad Politécnica Nacional – Ecuador
vanessa.abad@epn.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1482-3409>



Editorial Unach

DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

UN IMPULSO PARA LA PRODUCCIÓN
ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN

Filiación autores:

José Efraín Miranda Yuquilema
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
josee.miranda@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0003-4817-5777>

Verónica Once Carabajo
Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Ecuador
veronica.oncec@ucuenca.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0002-4444-8897>

Cornelio Rosales Jaramillo
Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Ecuador
cornelio.rosales@ucuenca.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0003-2766-7027>

Juan Taboada Pico
Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Ecuador
juan.taboada@ucuenca.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-7993-6466>

Davinia Sánchez Macías
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
dsanchez@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-5626-4249>

Katherine Mishelle Ortiz León
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
kmortiz.fiag@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0000-5773-0280>

José E. Miranda-Yuquilema
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
josee.miranda@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0003-4817-5777>

Marcos Barros Rodríguez
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Ecuador

Luis Stalin Ayala Guanga
Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Ecuador
luis.ayala@ucuenca.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-6543-7594>

Aracely Belén Saldaña Muñoz
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
aracely.saldana@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0009-0000-0059-1240>

Jennifer Catherine Romero Betancourt
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
jcromero.fiag@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0002-0510-5560>

Davinia Sánchez Macías
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería – Ecuador
dsanchez@unach.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-5626-4249>

Antonio Murillo Ríos
Azienda Agricola Circe – Italia
antoniomurillovet@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-2276-6643>

Contenido

CAPÍTULO I

USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES CON EFECTO PROBIÓTICO SOBRE LOS INDICADORES BIOPRODUCTIVOS EN LOS ANIMALES MONOGÁSTRICOS15

1.1 Introducción.....	17
1.2 Métodos.....	18
1.3 Resultados y discusión.....	19
1.4 Efectos de los probióticos en la producción porcina	28
1.5 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los pollos en las diferentes etapas productivas	35
Conclusión	46
Referencias bibliográficas	47

CAPÍTULO II

EL CALOSTRO: CARACTERÍSTICAS, FACTORES DE CALIDAD, PROCESAMIENTO INDUSTRIAL Y EFECTO EN LA SALUD HUMANA55

2.1 Introducción.....	57
2.2 El calostro: producción, consumo y calidad nutricional e inmunológica.....	58
2.3 Factores que afectan la calidad del calostro	66
2.4 El calostro en la industria	72
2.5 El calostro en la salud humana.....	76
Conclusiones.....	79
Referencias bibliográficas	80

CAPÍTULO III

USO DE PROBIÓTICA EN LOS ANIMALES RUMIANTES, Y SU EFECTO SOBRE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS Y LA SALUD87

3.1 Introducción.....	89
3.2 Métodos.....	90
3.3 Resultados y discusión.....	91
3.4 Conclusión.....	107
Referencias bibliográficas	108

CAPÍTULO IV

PROTEÍNA LÁCTEA: USOS Y EFECTOS SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y TECNOLÓGICA DEL QUESO FRESCO 113

4.1 Introducción.....	115
4.2 Industria láctea en Ecuador	118
4.3 La leche.....	121
4.4 El queso	125
4.5 Efecto de las proteínas lácteas sobre la calidad fisicoquímica de los quesos frescos	132
Conclusiones	144
Referencias bibliográficas	145

Índice de tablas

CAPÍTULO I

Tabla 1.1 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de cuyes (<i>Cavia porcellus</i>) y conejos.....	24
Tabla 1.2 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los cerdos en las diferentes etapas productivas	32
Tabla 1.3 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los pollos en las diferentes etapas productivas	38
Tabla 1.4 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los equinos.	44

CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Algunos componentes presentes en el calostro y su función.	61
Tabla 2.2 Composición química básica del calostro y leche madura de distintas especies.	64
Tabla 2.3 Componentes antimicrobianos del calostro y leche madura (mg/ml) de distintas especies.	65

CAPÍTULO III

Tabla 3.1 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótico sobre los índices productivos y la salud de los bovinos en las diferentes etapas productivas	104
--	-----

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1 Tipos de queseras ecuatorianas, según la clasificación de Maigre en el año 2007.	120
Tabla 4.2 Valores medios de composición química básica, recuento de células somáticas y pH de la leche de 6 especies lecheras.	122
Tabla 4.3 Tipos de quesos existentes en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN1528 (2012c) y en el Codex Alimentarius (2011)... ..	128
Tabla 4.4 Valores medios de la capacidad de coagulación y rendimiento quesero de la leche de 6 especies lecheras. ..	129
Tabla 4.5 Rendimiento del queso fresco elaborado con incorporación de proteína de suero en diferentes cantidades.	134
Tabla 4.6 Valores de rendimiento de queso fresco en porcentaje....	135
Tabla 4.7 Composición y pH del suero dulce o ácido obtenido de la leche de vaca, cabra u oveja.	139
Tabla 4.8 Efecto de la adición de agregado de proteína por dispersión (agregados de hasta 30 μm) y origen de la leche (vaca, cabra u oveja) sobre la composición y rendimiento quesero	141

Índice de figuras

Figura 3.1. Diagrama que resume las rutas comunes de administración de probióticos en el ganado.....	92
Figura 4.1. Grado de desnaturalización de proteínas del suero a diferentes temperaturas y tiempo de pasteurización.....	142

Prólogo

Actualmente, la agroindustria en el Ecuador ha recobrado interés por parte del Estado, la academia, asociaciones y los diferentes gremios ganaderos. El presente libro es una contribución a la academia y al sector agropecuario, ayudando al mejor entendimiento sobre temas relevantes de la actualidad.

Este libro también abre puertas a nuevas investigaciones sobre el aprovechamiento del calostro dentro de la industria alimentaria con la generación de productos nutracéuticos y que cumplan con las condiciones organolépticas deseadas por los consumidores, generando productos novedosos y mejorando la economía circular del sector ganadero.

Por otra parte, también se abordan temas sobre los factores que hay que considerar al momento de producir los subproductos lácteos.

Sobre el libro

Este libro es el resultado de 4 contribuciones de 11 autores que, con su experiencia en investigación, aportan con su trabajo en nuevas ideas en el área de la ingeniería agroindustrial. Un gran número de trabajos previos han servido de base para el desarrollo de las diferentes líneas argumentativas de este libro. Desarrollo agroindustrial, un impulso para la producción animal e industrialización tiene como objetivo presentar avances recientes en el área de ingeniería agroindustrial. En el capítulo I se aborda sobre el uso indiscriminado de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción animal, que ocasiona daños en la salud pública, puesto que genera una resistencia bacteriana en la población que consume carne o subproductos cárnicos con residuos de APC, por ello se recomienda el uso de microorganismos eficientes con efecto probiótico. En el capítulo II se orienta a la investigación sobre el calostro, los factores que afectan sobre este y el efecto sobre la salud humana. El capítulo III se enfoca en el uso de probiótica en los animales rumiantes y su efecto sobre los indicadores productivos y la salud. Y finalmente en el capítulo IV se realiza una revisión sobre la calidad fisicoquímica y tecnológica del queso fresco, teniendo en cuenta que los indicadores de eficiencia tecnológica en la elaboración de quesos frescos son el rendimiento y la sinéresis, a mayor rendimiento mayor producción.

El libro se puede usar como referencia base en actividades de investigación de la ingeniería agroindustrial. Los capítulos que conforman el libro se pueden usar como referencias en el estudio de casos y sus metodologías de investigación.

CAPÍTULO



USO DE MICROORGANISMOS EFICIENTES CON EFECTO PROBIÓTICO SOBRE LOS INDICADORES BIOPRODUCTIVOS EN LOS ANIMALES MONOGÁSTRICOS

José E Miranda Yuquilema

Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigación Producción Animal E Industrialización (PROANIN).

josee.miranda@unach.edu.ec,

<https://orcid.org/0000-0003-4817-5777>

Verónica Once Carabajo

Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria Grupo de Investigación en Cuyes

veronica.oncec@ucuenca.edu.ec,

<https://orcid.org/0009-0002-4444-8897>

Cornelio Rosales Jaramillo

Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria Grupo de Investigación en Cuyes

cornelio.rosales@ucuenca.edu.ec,

<https://orcid.org/0000-0003-2766-7027>

Juan Taboada Pico

Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina Veterinaria- Grupo de Investigación en Cuyes

juan.taboada@ucuenca.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7993-6466>

Resumen

La necesidad mundial de conseguir productos alimenticios inocuos de origen animal que no comprometan la salud pública obliga a buscar alternativas dentro de la producción animal que no generen residuos con efectos indeseables sobre los consumidores. La presente investigación tuvo como objetivo realizar una revisión de la literatura científica actual sobre el uso de microorganismos eficientes con efecto probiótico en la producción animal de animales monogástricos. Para ello, se realizó una revisión sistemática y metaanalítica (PRISMA) de información primaria adquirida principalmente en cuatro bases de datos electrónicas (ScienceDirect, PubMed, Scopus y Google Scholar). Del análisis realizado se desprende la existencia de efectos beneficiosos de los probióticos dentro de la producción animal de interés zootécnico sin encontrarse efectos indeseables, constituyendo una alternativa de reemplazo a los antibióticos promotores de crecimiento; se caracterizan fundamentalmente por actuar sobre la salud y morfología gastrointestinal, así como por establecer competencia con los organismos patógenos oportunistas presentes en el ambiente intestinal disminuyendo su población. Dentro de los resultados descritos en las diferentes investigaciones se encuentran: la optimización de los parámetros productivos relacionados con el peso, disminución de mortalidad, mejor conversión alimenticia y buen estado de salud.

Palabras clave: bacterias acidolácticas, levaduras, salud intestinal, producción.

1.1 Introducción

El uso indiscriminado de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción animal ha provocado daños colaterales a los consumidores finales de carnes, leche y huevos (Cano *et al.*, 2016; Ayman *et al.*, 2022) relacionados fundamentalmente con la resistencia a los antibióticos, generada por la presencia de residuos de los mismos en los tejidos de los animales. Este factor de gran importancia para la salud pública limitada la comercialización de productos terminados de origen animal para el consumo humano a nivel mundial (Mourand *et al.*, 2021; Rybarczyk *et al.*, 2020).

Los problemas anteriormente mencionados han motivado a la comunidad científica para la búsqueda de producto alternos a los APC, pero con efectos benéficos similares. Una alternativa para paliar dicha demanda es la inclusión de los bioproductos con acción probiótica, capaces de adaptarse a las condiciones del ambiente intestinal (Abd El-Hack *et al.*, 2020).

La microbiota natural a nivel intestinal contiene billones de microorganismos pertenecientes a miles de especies diferentes y cada uno cumple con un papel fundamental dentro de los estados de salud y enfermedad general del hospedador (Lilly y Stillwell, 1965; Wanga y Gänzlea, 2019). La microbiota intestinal normal está compuesta por dos principales grupos, el primero y de mayor abundancia corresponde a los *Bacteroidetes* y *Firmicutes*, y el segundo con menor presencia, a los *Actinobacteria* y *Verrucomicrobia* (Wanga y Gänzlea, 2019; Abd El-Hack *et al.*, 2020).

La estabilidad microbiana a nivel de tracto digestivo está relacionada con varios factores, entre ellos: el ambiental, el sistema inmune, el ejercicio físico y la dieta; este último juega un papel importante en la modulación de los nutrientes a nivel del tracto gastrointestinal (TGI), además de influir en la composición de la microbiota intestinal (Miranda *et al.*, 2018; Kwak *et al.*, 2021).

Las raciones deficientes en fibras, altas en carbohidratos simples y grasas saturadas reducen la diversidad microbiana, en consecuencia, altera la estructura y actividad de los microorganismos (Yang *et al.*, 2012; El-Ghany *et al.*, 2022). Los microorganismos eficientes en el TGI actúan directamente sobre los cambios fisiológicos e inmunitarios, metabolismo y el comportamiento del hospedador (Arif *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2022).

Uno de los mecanismos de acción de los microorganismos eficientes con capacidad probiótica es competir con los agentes patógenos por los sitios de adhesión en el epitelio intestinal y por los nutrientes, a este nivel producen metabolitos secundarios como son las sustancias antibacterianas (Liu *et al.*, 2014; Ojeda *et al.*, 2016; Abd El-Hack *et al.*, 2020).

En esta revisión, se analiza los efectos de los microorganismos eficientes con capacidad probiótica sobre los índices productivos, reproductivos y la salud en las diferentes especies de animales monogástricos.

1.2 Métodos

En el presente estudio se realizó una revisión sistemática y metaanalítica (PRISMA) según la información requerida (Page *et al.*, 2021). La búsqueda se realizó principalmente en cuatro bases de datos electrónicas (ScienceDirect, PubMed, Scopus y Google Scholar), se utilizaron palabras claves: (1) “Probiótico * prebióticos * simbióticos”; (2) “cerdos* OR animales domésticos OR ‘salud animal’”; (3) “cuyes* O aves O mecanismos de acción”; (4) “cuyes y conejos * O equinos”. A continuación se revisó de forma manual en busca de artículos adicionales que se perdieron en la estrategia de anterior; finalmente se evaluó la elegibilidad de los artículos según los criterios de inclusión y exclusión.

1.2.1 Criterios de selección

Para la investigación se incluyó solo la información de tipo primario (artículos de investigación, tesis doctorales, tesis de maestría, entre otros).

Los criterios de inclusión utilizados fueron: a) indicadores productivos, salud animal; b) empleo de microorganismos eficientes con acción probióticos (bacterias acidolácticas y levaduras) en los animales; c) salud intestinal, cambios del microbiota natural, efectos positivos de los probióticos y mecanismos de acción.

Los criterios de exclusión fueron: a) toda información que no sea primaria (revisiones, comentarios, notas editoriales o capítulos de libros); b) organismos modelo enfermos distintos de los inducidos por el tratamiento; c) grupos de tratamiento en los que los probióticos se combinaron simultáneamente con otra intervención.

1.2.2 Valoración del riesgo de sesgo y de la calidad

Todos los documentos seleccionados y obtenidos fueron evaluados de forma independiente en cuanto a su la calidad. La calidad se evaluó mediante la herramienta de riesgo de sesgo (RiS) de SYRCLE para estudios con diferentes especies de animales (Hooijmans et al., 2014), ya que todos los artículos incluidos informaron sobre estudios en los animales de interés zootécnico.

1.3 Resultados y discusión

1.3.1 La obtención de los microorganismos con acción probiótica
La implantación inicial inmediata de microbiota natural en la intestinal virgen de los mamíferos ha sido caracterizada mejor en humanos (Dimitru *et al.*, 2019; Abd El-Hack , 2020; Helal *et al.*, 2021;

Mourand *et al.*, 2021). En todos los neonatos, los microorganismos intestinales se desarrollan a lo largo del TGI y estos tienen la capacidad de normoregular a nivel del sistema inmunológico (Cano *et al.*, 2016; Miranda *et al.*, 2018; Kwak *et al.*, 2021).

El tracto digestivo de los neonatos mamíferos es completamente aerobio siendo colonizado por microorganismos aerobios facultativos y aerobios. Los principales aerobios facultativos que primero colonizan el TGI son los del género *Escherichia* y *Enterococcus*, los mismos que influyen en el cambio a una condición anaeróbica en la primera semana de edad (Abd El-Hack *et al.*, 2020; Mourand *et al.*, 2021).

La transmisión microbiana se realiza mediante la transferencia materna y la exposición al medio ambiente, factores que dan forma a la composición del microbiota temprano de los recién nacidos (Ojeda *et al.*, 2016). La transferencia del microbiota natural de la madre hacia las crías prepara el escenario del intestino, dicha transmisión es vertical, la cual está influenciada directamente por el modo de parto, el régimen de alimentación y el contacto con la madre (Rybarczyk *et al.*, 2020; Räfte *et al.*, 2022).

1.3.2 Uso de los probióticos en diferentes etapas productivas del animal

En la producción porcina moderna, especialmente en la forma intensiva, las diferentes prácticas de manejo responden a las diversas características fisiológicas de los cerdos de acuerdo con las etapas de crecimiento como forma de maximizar la eficiencia de la producción (Miranda *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2020; Kwak *et al.*, 2021). En consecuencia, las propiedades deseadas de las cepas de probióticos y los propósitos principales de su aplicación también varían con la etapa de crecimiento.

1.3.3 Probióticos sobre la producción de cuyes y conejos

La producción de cobayos a pequeña escala es una actividad originaria de los países andinos (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia), sin embargo, en los últimos años se ha extendido hacia un sistema comercial, debido al aumento de la demanda de la carne de estas especies en los mercados locales e internacionales, gracias a los aportes nutricionales proporciona la carne de cuy (Torres *et al.*, 2013; Guevara *et al.*, 2021; Ayman *et al.*, 2022). Actualmente, la crianza de esta especie mayoritariamente ocurre en instalaciones de tipo pozas, lo cual expone a los animales a enfermedades infecciosas a nivel del sistema tracto gastrointestinal compromete el epitelio de las vellosidades intestinales (Carcelén *et al.*, 2020).

En los animales, la salud intestinal es determinante para su producción, debido a que es considerada como un punto crítico de control para optimizar el crecimiento uniforme del revestimiento intestinal, lo cual ayuda en la regulación de las funciones metabólicas como la digestión, la secreción, la absorción y el transporte de nutrientes (Criollo *et al.*, 2019). El epitelio intestinal del TGI saludable ayuda a mejorar la absorción de nutrientes (Criollo *et al.*, 2019), por otro lado, la primera porción del intestino delgado es considerado el lugar donde existe la mayor disponibilidad de nutrientes y la variación de pH a este nivel impide la concentración y multiplicación de microorganismos patógenos, lo que evita la generación de enfermedades entéricas (Tsunemine *et al.*, 2015).

Hasta finales del siglo pasado, en la producción animal el uso de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en dosis subterapéuticas fue una alternativa positiva para el mejoramiento de la producción y el control de agentes patógenos a nivel del TGI, la inclusión de estos productos ayudaron a mejorar los índices productivos; sin embargo, la Organización Mundial de la Salud

comenzó a controlar el inapropiado uso de estos productos debido a que las pruebas científicas demuestran la resistencia de agentes patógenos a estos fármacos (Torres *et al.*, 2013; Guevara *et al.*, 2021).

Lo mencionado pone en riesgo la inocuidad alimentaria y por consiguiente al consumidor final de la leche, la carne y los huevos, entre otros productos pecuarios (Miranda *et al.*, 2018; Yves *et al.*, 2019). Para dar solución a lo anterior, los países desarrollados han modificado sus leyes en cuanto al uso los APC, siendo estrictas principalmente la Comunidad Europea (Cano *et al.*, 2016; Carcelén *et al.*, 2020); a pesar de ello, en los países en vías de desarrollo todavía no existen normativas claras que limiten el uso de estos fármacos de uso veterinario.

Dentro de los bioproductos con posible acción terapéutica para los animales se destacan los microorganismos eficientes con efecto probiótico, prebiótico y simbiótico, conocidos también como alimentos nutracéuticos, los cuales han demostrado ser terapéuticos y seguros en la actualidad (Ojeda *et al.*, 2016).

La inclusión de los microorganismos con capacidad probiótica en la producción animal ha incrementado paulatinamente en las últimas décadas gracias a los resultados alentadores (Carcelén *et al.*, 2020). Los cultivos microbianos con capacidad probiótica que se han empleado con mayor frecuencia pertenecen a cepas de *Enterococcus faecium*, *Saccharomyces boulardii* y *cerevisiae*; *Pediococcus acidilactici*; *Lactobacillus*: *acidophilus*, *casei*, *plantarum*, *ramnosus*, *reuteri*, *bulgaricus*, *amylovorus*, *salivarius* y *brevis*; *Bacillus bifidum* y *lactis*, *Streptococcus thermophilus*, en otros microorganismos benéficos que cumplen una acción protectora; por otro lado, demuestran resultados positivos sobre los indicadores productivos y morfología intestinal de los cerdos, pollos, conejos y terneros (Torres *et al.*, 2013; Roque, 2015; Cano *et al.*, 2016; Criollo *et al.*, 2019).

En los estudios realizados sobre cobayos (Torres *et al.*, 2013; Carcelén *et al.*, 2020), el uso de productos probióticos ocasionan una mejora significativa en el ancho de las vellosidades a nivel del íleon y la estructura de la cripta de Lieberkühn en el duodeno; lo mencionado ocasiona una mejora en la asimilación de los diversos nutrientes, además de reducir la mortalidad; en consecuencia, aumenta los valores de los indicadores productivos y la salud intestinal de los animales jóvenes (Tsunemine *et al.*, 2015; Yves *et al.*, 2019).

De manera general, la mayoría de los reportes coinciden en que el uso de los probióticos mejora la morfología y la estructura intestinal; aunque no demuestran de manera contundente los resultados, lo anterior es posiblemente debido a la complejidad del ecosistema intestinal (Criollo *et al.*, 2019; Helal *et al.*, 2021). La regeneración de las vellosidades intestinales atrofiadas es uno de los indicadores que corroboran que los mananos y glucanos existentes en las paredes celulares ayudan a reducir las bacterias enteropatógenas que impiden el incremento del dominio de la flora bacteriana beneficiosa (Tsunemine *et al.*, 2015).

Varios autores (Torres *et al.*, 2013; Tsunemine *et al.*, 2015; Carcelén *et al.*, 2020), reportan efectos positivos sobre los parámetros productivos (ganancia de peso, ganancia media diaria y conversión alimenticia). De igual forma, los bioaditivos empleados en la producción de cuyes actúan en el desarrollo de un grupo de bacterias a nivel del intestino grueso (bifidobacterias y lactobacilos), ayudando en la reducción significativa de las bacterias patógenas como la *Escherichia coli* y *Clostridium* spp. (Helal *et al.*, 2021; Ayman *et al.*, 2022). En la Tabla 1.1, se observa con mayor detalle los productos probióticos empleados en la producción de cuyes y conejos.

Tabla 1.1

Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de cuyes (*Cavia porcellus*) y conejos

Sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos						
Machos y hembras	1 – 16	Reinmark SRL	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>Bacillus longum</i> , <i>S. cerevisiae</i> y <i>S. boulardii</i> (X10 ¹⁰ UFC/ mL)	1.00 ml / día	GPV, 632 g CA, 6.21	Cano <i>et al.</i> , 2016
	17 – 46			1.00 mL cada 9 d		
	16 – 71			300 ml / 1 kg alim	Menor pérdida de peso	
Reproductoras	3 - 5 d post parto					

Sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Machos y hembras	14 – 19 46 – 51	Biomodulador de cuyes	<i>E. hirae</i> (2.1 x 10 ¹⁰ UFC/ml), <i>L. reuteri</i> (3.3 x 10 ¹⁰ UFC/ml), <i>Lactobacillus frumenti</i> (3.1 x 10 ¹⁰ UFC/ml), <i>Lactobacillus johnsonii</i> (2.2 x 10 ¹⁰ UFC/ml), <i>Strep thoraltensis</i> (2.3 x 10 ¹⁰ UFC/ml), <i>B. pumilus</i> (3.3 x 10 ¹⁰ UFC/ml).	1.5 mL / d	GPV, 851 g CA, 3.4 Rendimiento de carcasa, 73.6 %	Guevara <i>et al.</i> , 2021
Machos	3 – 7 42 – 47			1.00 mL / animal	GPV, 695 g CA, 4.35	Carcelén <i>et al.</i> , 2020
Madres lactan-tes	7 d parto – destete			2.00 mL / animal	Menor pérdida de peso	
Machos	3 – 55 21 - 65	Cultivo mixto de BAL Fermento con levaduras		200 mL / Kg ali-mento	GPV, 695,13 g CA, 4,33	Torres <i>et al.</i> , 2013
			<i>S. cerevisiae</i>	4 kg fermento / t alimento	GPV, 766.3 g CA, 6.05	Criollo <i>et al.</i> , 2019
	14 – 30 31 – 70 15 – 70	Yea Sace	<i>S. cerevisiae</i>	0.02% incluido en la dieta	GP, 10.08 g / d CA, 3.76 GPV, 11.53 g / d CA, 4.44 GPV, 11.01 g / d CA, 4.29	
<i>Índices de salud</i>						
Machos	21 - 56	Bioprepa-rado BBG9-1	<i>B. bifidum</i> G9-1 (2,2 X10 ¹⁰ UFC/g)	0,05 mg/ animal/d	Disminución de la rinitis alérgica, provocado por el polen de cedro japonés. No inhibe la producción de IgE o IgG1	Tsune- mine <i>et al.</i> , 2015

Sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Machos	112 – 196	<i>Cultivo de B. longum</i> CBi0703	<i>Bacillus longum</i> CBi0703	1 mL/kg/d	Reduce lesiones en la estructura del cartilago. Reduce la degradación del colágeno tipo II. Efecto profi-láctico en osteoartritis.	Yves <i>et al.</i> , 2019
Machos	14 - 42	Biomodu-lador de cuyes	<i>Enterococcus hirae</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. fru-menti</i> , <i>L. johnso-nii</i> , <i>Strep thoral-tensis</i> y <i>B. pumi-lus</i>	1 mL/ animal	Aumenta longitud de la vellosidad intestinal y la profundidad de la cripta de Lieberkühn del segmento ileal del intestino delgado	Criollo <i>et al.</i> , 2019
<i>Conejos</i>						
Machos	45 - 112	Probiótico obtenido a partir de levaduras	<i>S. cerevisiae</i>	0,12 g Lev/kg alimento.	GPV, 1.3 kg CA, 2.7 Mejora la calidad de la canal Aumento la glándula de Brunner y las vellosidades intestinales	Ayman <i>et al.</i> , 2022.

Sexo	Edad, d	Probiótico	Microrganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Machos	56 – 126	Cultivo mixto bac-teria + le-vadura	<i>S. cerevisiae</i> Sc47 (X10 ⁸ UFC/g) <i>B. subtilis</i> (3X10 ⁷ UFC/g)	0.01% en dieta / d	Reduce la carga de patóge-nos en el intestino. Aumento de la microbiota natural Mejora la integridad de las vellosidades intestinales	Helal <i>et al.</i> , 2021
Reproductoras	7 d preparto – 21 d post par-to	BIOPRA-NAL	<i>Kluyveromyces fragilis</i> , K. <i>fragilis</i> L-4, <i>L. acidophilus</i>	3.00 mL / a / d	Menor pérdida de peso en lactancia 6.1 Crías destetadas	Roque, 2015
Macho y hembras	21 – 45			1.00 mL / a / 3 d	GPV, 695 g GMD, 15.4 g 4.5% ocurrencia de diarreas	
	46 – 90			2.00 mL / a / 3 d	GPV, 1355 g GMD, 30.1 g 2.3% ocurrencia de diarreas	

kg, kilogramo. g, gramo. d, días. UFC, unidades formadoras de colonia. GPV, ganancia de peso vivo. CA, conversión alimenticia. a, animal. mL, mililitros. BAL, bacterias acidolácticas. Elaborado por Miranda *et al.*, 2022.

1.4 Efectos de los probióticos en la producción porcina

1.4.1 La microbiota natural en los neonatos

Varios estudios desarrollados en animales (Cano *et al.*, 2016; Miranda *et al.*, 2018; Rybarczyk *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2020) asocian el tipo de parto con la maduración intestinal. En caso de los partos por cesárea se observa un retraso en el crecimiento, la colonización, el desarrollo inmunitario y la función microbiana (Mourand *et al.*, 2021). Los patrones filogenéticos también son distintos entre los nacidos por vía vaginal con respecto a los nacidos por cesárea. Al realizar la caracterización microbiana del contenido del tracto digestivo, las crías nacidas por vía vaginal se observa que contienen abundante *Lactobacillus vaginalis*, bacteria típica de la zona genital de las hembras (Abd El-Hack *et al.*, 2020).

La mayor reducción del número de las bacterias *L. vaginalis* en el intestino en la primera semana de edad en los animales neonatos hace pensar que son de tipo transitorios. Aunque los lactobacilos que no son exclusivos del microbiota vaginal pueden colonizar temporalmente en el tracto digestivo de las crías (Dimitru *et al.*, 2019).

Los microorganismos benéficos que están presentes en la leche materna son la fuente primaria de la microbiota natural de tipo vertical (Rybarczyk *et al.*, 2020). Sin embargo, la exposición continua a microorganismos patógenos provenientes del ambiente externo reduce el número de especies bacterianas benéficas provenientes de la madre (Sun *et al.*, 2020). Las madres mamíferas transmiten microorganismos benéficos de manera vertical en la leche materna, que ayudan a la selección de las bifidobacterias en el intestino del lactante (Kwak *et al.*, 2021).

El tracto digestivo de todas las especies de animales es un reservorio de agentes patógenos que inducen diferentes enfermedades entéricas y causan pérdidas económicas en la producción porcina. La mayoría de los patógenos que afectan a los cerdos toman diferentes mecanismos y generalmente exhiben patrones dinámicos de prevalencia en cerdos de distintas edades (Miranda *et al.*, 2018.; Kwak *et al.*, 2021). Los cerdos más susceptibles a las infecciones bacterianas son los neonatos y lechones, lo anterior se relaciona principalmente con la inmadurez del sistema inmunológico, la barrera gastrointestinal y la disbiosis microbiana en los animales jóvenes (Liu *et al.*, 2014; Sun *et al.*, 2020).

Los cerdos en la etapa de preceba y ceba presentan menor incidencia de infecciones entéricas provocadas por los patógenos; aunque, la morbilidad en estas etapas se relaciona con la enfermedad, mientras que, el retraso del crecimiento está asociado al aumento de costos de medicamentos (Mourand *et al.*, 2021). Pero el uso de los probióticos obtenidos a partir de microorganismos benéficos pueden ser una alternativa en los lechones lactantes y el destete (Dimitru *et al.*, 2019).

1.4.2 Uso de productos con capacidad probiótica en la producción porcina

Varios estudios (Ojeda *et al.*, 2016; Rybarczyk *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2020) demuestran que el uso de los diferentes microorganismos eficientes con capacidad probiótica (IHplus®, EM®, Probiotyktm, cultivo mixto de BAL, levaduras y BAL + levaduras) introducidos con el alimento demuestran efectos positivos tanto en las cerdas reproductoras como en los recién nacidos (Tabla 1.2).

La inclusión de los probióticos en la alimentación de las cerdas reproductoras durante la lactación redujo la pérdida de peso

y aumentó el contenido de la lactosa, así como el porcentaje de células de leche, lo que se correlaciona positivamente con el peso al destete y los porcentajes de células B y activó células T en lechones (Mourand *et al.*, 2021); por lo tanto, alimentar a las cerdas durante la gestación y lactancia y a sus crías con la misma cepa microbiana tiene mejor efecto que emplear en las cerdas microorganismos diferentes (Liu *et al.*, 2014).

El suministro continuo de las diferentes especies de BAL, levaduras y combinadas en la dieta de los cerdos en las distintas categorías mejora los rendimientos productivos, sobre todo el del crecimiento y reduce la incidencia de diarrea y la mortalidad (Miranda *et al.*, 2018). Varios estudios realizados (Cano *et al.*, 2016; Dimitru *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2020) con los animales, especialmente en los cerdos en las diferentes categorías, determinan que el uso de probióticos obtenidos a partir bacterias de género lactobacilos, bacilos, estreptococos, levaduras de género *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, entre otros, puede mejorar los parámetros productivos y la salud. De manera general, el uso de los probióticos en la dieta de los cerdos demuestra efectos positivos tanto en las cerdas reproductoras como en los lechones (Mourand *et al.*, 2021).

El objetivo de aplicar productos probióticos en cerdos destetados es reducir el estrés y restaurar la microbiota intestinal tras el desbalance en el destete. Los microorganismos con capacidad probiótica (*Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus reuteri* y *Lactobacillus amylovorus*) actúan neutralizando los agentes patógenos (*E. coli* y *Salmonella* spp.), consecuentemente mejoran los parámetros productivos en lechones en crecimiento después del destete (Dimitru *et al.*, 2019; Mourand *et al.*, 2021).

Las bacterias *L. rhamnosus*, *L. plantarum* y *Bacillus* son organismos nativos o ambientales que pueden sobrevivir en las diferentes

condiciones del ambiente intestinal, el uso de estos microorganismos en la dieta de los lechones logra eliminar agentes patógenos y con ello estimula la respuesta del sistema inmunológico del huésped (Miranda *et al.*, 2018; Rybarczyk *et al.*, 2020). Mientras que las cepas de *L. salivarius*, *L. reuteri* y *L. amylovorus* son capaces de adherirse en las diferentes porciones del TGI y logran desarrollarse y multiplicarse a largo plazo con los cerdos (Dimitru *et al.*, 2019).

En la etapa de preceba, la afectación por las bacterias patógenas se puede controlar con el empleo de las cepas probióticas, las mismas que se desplazan a lo largo del tracto digestivo, en consecuencia, ayudan a la digestión y metabolismo (Cano *et al.*, 2016), lo anterior, contribuye a la mejora del rendimiento productivo. Otros estudios también demostraron que el uso de probióticos obtenidos a partir de los microorganismos eficientes (*L. acidophilus*, *plantarum*, *bulgaricus* y *casei*, *B. subtilis*, *P. acidilactici*) mejoró el crecimiento de los cerdos en la etapa de crecimiento-finalización, además, ayudó principalmente en la absorción de los nutrientes en el intestino delgado (Miranda *et al.*, 2018; Dimitru *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2020; Mourand *et al.*, 2021).

Tabla 1.2

Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los cerdos en las diferentes etapas productivas

Línea	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos						
Machos	28 – 70	Probiótico fermentado con BAL	<i>L. planetarium</i> (1.2 X 10 ⁹ UFC / mL)	0.06% (1,2 x 10 ⁹ UFC kg-1) in-cluido en la dieta	GMDPV, 447 g Relación ganancia / alimentación, 0.763 Reduce la presencia de <i>E. coli</i>	Cano <i>et al.</i> , 2016
	1 – 28	Fermento con <i>B. Sub-tillis</i> ATCC 6051 ^a	<i>B. Subtillis</i> (1,6 X 10 ⁹ UFC / mL)	0,3% incluida en dieta / 24 h	GPV, 1.13 kg al destete	Dimitru <i>et al.</i> , 2019
Cerdos mestizos	76 – 131 132 – 208	IHplus®	<i>S. cerevisiae</i>	40 mL / a/d	GMD, 544 g CA, 3.07 GMD, 583 g CA, 3.64	Ojeda <i>et al.</i> , 2016
Pietrain	78 – 146	EM® (Pro-biotyk TM)	<i>S. cerevisiae</i> IFO 0203 (3,3 x 10 ⁵ UFC / mL), <i>L. casei</i> ATCC®7469 TM (1,95 x 10 ⁷ UFC / mL), <i>L. plantarum</i> ATCC®8014 TM (1,95 x 10 ⁷ UFC / mL)	0.3% / kg de ali-mento	GMDP, 860g Reducción de las enterobacterias en el TGI. Aumenta el número de los BAL en el TGI. Porcentajes de delgades de la canal, 58% Espesor muscular: 62.37 mm	Rybarczyk <i>et al.</i> , 2020.

Línea	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Mestizos	21 – 30 31 – 55	Cultivo mixto de BAL	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. ca-sei</i> , <i>Bifidobacterium thermophilum</i> , <i>E. faecium</i>	0.10% en el ali-mento 0.15% en el alimento	Mejora la ganancia de peso Mejora la respuesta del sistema inmune intestinal Reduce el pH intestinal Aumenta la altura de las vellosidades del intestino delgado	Sun <i>et al.</i> , 2020
Large White	1 – 49	<i>E. coli pro-biótica</i>	<i>E. coli</i> ED1a y Nissle 1917	5, 6 y 7 mL /a/d, según la edad.	Reduce la presencia de diarreas Reducción leve de la población de <i>E. coli</i> de desafío en el colon, ciego y recto.	Mourand <i>et al.</i> , 2021
Large White × Landrace	1 – 14	Probiótico fermentado con LAB	<i>L. fermentum</i> I5007	3 mL de agua peptonada al 0,1% que contenía 6 × 10 ⁹ UFC de <i>L. fermentum</i> I5007 / d	Mejora la salud intestinal Reduce la concentración de <i>Clostridium</i> spp. Aumenta la altura de las vellosidades del yeyuno, 583um Mayor concentración de butirato	Liu <i>et al.</i> , 2014

Línea	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Landrace x Yorkshire	30 d preparto – 33 d postparto	Cultivo mixto de BAL y levaduras	<i>K. fragilis</i> (L-4 UCLV), <i>L. acidophilus</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>S. cerevisiae</i> .	20 mL incluido en 300 g balanceado / a / 3 d	Mejora el comportamiento productivo en la descendencia. Lechones GMD, 663 g 4.5% de ocurrencia de diarreas. Mejora los perfiles hemáticos y bioquímica sanguíneos en los lechones.	Miranda <i>et al.</i> , 2018. a Miranda <i>et al.</i> , 2018. b
[Landrace x Yorkshire) x Duroc]	112 – 154	Cultivo mixto de BAL	<i>L. plantarum</i> CJP243, <i>L. fermentum</i> LF21 <i>L. salivarius</i> E4101, <i>Weissella paramesenteroides</i> KJP421, <i>B. subtilis</i> CJMPB957, <i>Bacillus licheniformis</i> CJMPB283.	2 g /kg alimento	Aumento de los niveles de expresión de ARNm veyunal. Disminuye la Interleucina. Reduce la concentración de triglicéridos en el hígado. Reduce los niveles de expresión de ARNm hepático. Modula el microbiota intestinal.	Kwak <i>et al.</i> , 2021.

kg, kilogramo. g, gramo. d, días. UFC, unidades formadoras de colonia. GPV, ganancia de peso vivo. CA, conversión ali-menticia. a, animal. mL, mililitros. BAL, bacterias acidolácticas. Lev, levaduras. Elaborado por Miranda *et al.*, 2022.

1.5 Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los pollos en las diferentes etapas productivas

Los microorganismos con acción probiótica son ingeridos por las aves y crean cambios fisiológicos en la estructura del tejido intestinal; esto provoca variaciones inmunológicas en el TGI (Räfle *et al.*, 2022). Estos cambios inmunológicos aumentan la resistencia del animal a las bacterias patógenas. Además, estos productos probióticos pueden producir ácidos grasos orgánicos de cadena corta y metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (Yang *et al.*, 2012; El-Ghany *et al.*, 2022). Estos metabolitos pueden activar sitios receptores para estimular el sistema inmunitario (Arif *et al.*, 2021).

Los principales factores que influyen en el desarrollo de la microflora son el desarrollo de un ecosistema intestinal que es antagónico a otras especies bacterianas, eliminación de sitios receptores existentes, secreción de metabolitos antimicrobianos y competencia por nutrientes con los microorganismos patógenos (Mountzouris *et al.*, 2010; Summers *et al.*, 2022).

Los probióticos obtenidos a partir de *Bifidobacteria* y *Lactobacillus* spp. tienen la actividad selectiva para desarrollar el microbiota intestinal. Los alimentos que contienen microorganismos eficientes actúan como sustrato para inducir el crecimiento de bacterias beneficiosas, creando efectos luminales o digestivos que son positivos para la salud del animal (Yang *et al.*, 2012).

En estudio desarrollado por Arif *et al.*, (2021), en aves desafiadas con *Salmonella enteritidis* se observó efecto significativo sobre el desempeño productivo y salud de los animales al emplear cultivo microbiano fermentado con *Lactobacillus* spp. Por otro lado, el efecto

de la suplementación con *B. subtilis* incrementó los parámetros productivos, así como disminuyó la incidencia de diarrea y la mortalidad de los animales.

Por su parte Yang *et al.* (2022) con la inclusión de *L. rhamnosus*, *Pediococcus acidilactici* lograron mejorar la salud intestinal, con mejoras en la morfología intestinal del duodeno (vellosidades más altas y criptas menos profundas) en pollos de engorde afectados con *Salmonella typhimurium* y *Clostridium perfringens*, además, se observó una mejoría en la ganancia de peso e inhibición del crecimiento de *S. typhimurium* (Summers *et al.*, 2022).

Los probióticos también tienen impacto sobre la composición y función del microbioma intestinal, ya que desarrollan algunos mecanismos de acción destacándose la competencia con otros microorganismos por nutrientes, sitios de unión y receptores en la mucosa intestinal y la supresión del crecimiento de otros microbios patógenos mediante la producción de agentes antimicrobianos (Arif *et al.*, 2021). Además, producen ácidos orgánicos, existe reducción del pH intestinal y estimulan el sistema de defensa del huésped. También, reducen la translocación de patógenos a través de la mucosa intestinal mejorando la integridad de la barrera intestinal y mantienen la tolerancia inmunológica (Tabla 1.3). Por otro lado, potencian la actividad antagónica de los probióticos contra las bacterias patógenas (El-Ghany *et al.*, 2022).

Varias investigaciones han documentado el papel preventivo y protector de los probióticos, en particular de las bacterias del ácido láctico contra las infecciones por *Salmonella enterica serovar enteritidis* y *E. coli* O78:K80 en pollos (Räfle *et al.*, 2022). Además, se ha informado sobre el papel potencial de los probióticos en la fortificación y modificación de la dieta y la composición del microbioma intestinal, al reducir el crecimiento de patógenos y elevar el número de microorganismos beneficiosos (Mountzouris *et al.*, 2010).

Diversos estudios informan que la inclusión de *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. animalis* y *Bifidobacterium* spp. en los pollitos aumentó el número bacterias ácido láctico y bifidobacterias a nivel ileal, mientras que las bacterias coliformes totales se redujeron (Yang *et al.*, 2022; Summers *et al.*, 2022). Otros reportes (Arif *et al.*, 2021; Räfle *et al.*, 2022) también anotaron que la inclusión de bacterias *Bifidobacterium toyonensis* y *B. bifidum* en la dieta retrasaron la proliferación de hongos totales y coliformes totales, además de reducir las poblaciones de coliformes cecales y *E. coli* en los pollitos (Yang *et al.*, 2012; Räfle *et al.*, 2022).

Tabla 1.3

Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los pollos en las diferentes etapas productivas

Línea	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos y de salud						
Lingnan Yellow	1 – 21	Fermento de BAL	<i>Clostridium butyricum</i> HJCB998	2×10^7 UFC /mL/ kg alimento	GP, 397.0 g GMD, 46.8 g IgA, 0.780 mg/mL IgG, 0.460 mg/mL IgM, 0.774 mg/mL Reducción de patóge-nos	Yang <i>et al.</i> , 2012
	22 – 42				GP, 1,38 kg GMD, 32 g IgA, 0.473 mg/mL IgG, 0.732 mg/mL IgM, 1.034 mg/mL Reduce de presencia de patógenos en el TGI	
Ross 308	1 – 120	GalliPro®	<i>E. faecium</i> 669	3×10^9 UFC / ml	Mejora la salud intestinal. Regenera las vellosidades intestinales Reduce la presencia de cepa de desafío (<i>S. entérica</i>)	Räfle <i>et al.</i> , 2022

Línea	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Pollos de engorde	1 – 22	Cultivo mixto de BAL	<i>L. acidophilus</i> , <i>B. sub-tilis</i> , <i>Bacillus licheni-formis</i>	2,5 × 10 ¹² UFC de biomasa 4 mL/L de agua potable	Disminuye los signos clínicos graves de la enfermedad después de ser desafiados con <i>clas-tridium perfringens</i>	
Pollos de engorde	21 – 35	Gallipro Tect®	<i>B. licheniformis</i> , <i>B. subtilis</i> .	1,0 kg / t alimen-to	Mejora la GP. Disminuye la población de <i>Clostridium perfringens</i> , <i>Salmonella</i> spp. y <i>E. coli</i> en yeyuno e íleon en pollos de engorde	Arif <i>et al.</i> , 2021
Cobb	1 – 42	PoultryStar	<i>L. reuteri</i> DSM 16350, <i>E. faecium</i> DSM 16211, <i>B. ani-malis</i> DSM 16284, <i>P. acidilactici</i> DSM 16210, <i>L. salivarius</i> DSM 16351	1 g/kg de dieta / d	GP, 2.34 kg Consumo de alimento / ganancia de peso corpo-ral, 2.29 kg. CA, 1.80	Mountzouris <i>et al.</i> , 2010
Pollos de engorde	1 – 42	<i>Lactobacillus</i> encapsula-dos	<i>L. acidophilus</i> , <i>E. faecium</i> , <i>Pediococcus pentosaceus</i> , <i>L. bre-vis</i> , <i>L. plantarum</i>	Un millón UFC / g alimento / d	GP, 2,2 kg Reducción de diarrea Reduce la mortalidad	Summers <i>et al.</i> , 2022

Línea	Edad, d	Probiótico	Microrganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Engorde Arbor Acre	1 – 120	Cultivo mixto de bacterias y levaduras	<i>Bifidobacterium</i> , <i>Sac-charomyces</i> y <i>Pseu-domonas</i>	3 mg / kg alimen-to / d	Regenera los daños de las vellosidades y la inflamación intestinal. Reducir la disbiosis de la microbiota cecal. Aumenta la colonización de bacterias beneficiosas en el ciego Mantiene la homeostasis intestinal y salud	Yang <i>et al.</i> , 2022

kg, kilogramo. g, gramo. d, días. UFC, unidades formadoras de colonia. GPV, ganancia de peso vivo. CA, conversión alimenticia. a, animal. mL, mililitros. BAL, bacterias acidolácticas. Lev, levaduras.
Elaborado por Miranda *et al.*, 2022.

1.5.1 Probióticos en los equinos

El colon y el ciego del caballo son grandes cámaras fermentadoras habitadas por diversos microorganismos como bacterias, protozoos y hongos (Collinet *et al.*, 2021). La microbiota intestinal tiene un enorme impacto en la salud y el rendimiento de los caballos (Cooke *et al.*, 2021). En humanos y otras especies de animales, diversas enfermedades han sido asociadas a la disbiosis intestinal, especialmente por un cambio en la microbiota natural, entre estas tenemos: las gastrointestinales como la enfermedad inflamatoria intestinal; diabetes, arterioesclerosis y artritis reumatoide (García *et al.*, 2019; Hassel *et al.*, 2020).

La importancia del uso de los probióticos en los equinos en la actualidad se centra principalmente en el control de trastornos gastrointestinales. Diversos estudios demuestran beneficios importantes sobre la inclusión de cultivo mixto de bacterias ácido-lácticas (*L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *B. animalis* entre otros) con capacidad probiótica en los equinos (Laghi *et al.*, 2018; García *et al.*, 2019; Pei *et al.*, 2021). En los equinos jóvenes suplementados con probióticos se reduce significativamente la ocurrencia de diarrea y el porcentaje de mortalidad, gracias a la mejora de la salud intestinal (Silva *et al.*, 2017).

En cuanto a la dosis de administración de los probióticos en la producción equina, existe una amplia variación principalmente según la edad, el peso y el sexo, yendo desde 10^3 a 10^{11} UFC/día, sin determinarse una asociación obvia entre los resultados de eficacia y la dosis proporcionada (Xia *et al.*, 2019).

Diversos estudios concuerdan que el 60% de trastornos diarreicos en potros neonatos ocurre en las primeras seis semanas de edad (García *et al.*, 2019; Hassel *et al.*, 2020; Cooke *et al.*, 2021).

Los factores que provocan las alteraciones patológicas en los equinos están relacionados principalmente con la dieta, el manejo y la salud (Collinet *et al.*, 2021). El uso de los bioproductos con capacidad probiótica en la producción equina puede reducir significativamente las enfermedades digestivas, es por lo que en la actualidad se han convertido en la principal opción para la prevención de las diarreas en potros neonatos (García *et al.*, 2019; Cooke *et al.*, 2021).

Por otro lado, los bioproductos que contienen varias cepas aisladas del contenido gastrointestinal de la propia especie equina mejora significativamente el comportamiento productivo (mayor ganancia diaria de peso, mejor conversión alimenticia), además, ayuda a mejorar la salud intestinal principalmente en la segunda y tercera semanas de edad, en consecuencia reduce significativamente la incidencia de diarrea, siendo un efecto superior comparado al usar cepas microbianas aisladas de otras especies de animales (Hassel *et al.*, 2020).

Aunque los probióticos han mostrado resultados prometedores en el tratamiento de enfermedades digestivas, la evidencia de que puedan usarse para controlar enfermedades en caballos, hasta el momento es deficiente. Sin embargo, en estudios realizados por Silva *et al.* (2017) y Hassel *et al.* (2020), demuestran la capacidad de prevenir y/o tratar algunas enfermedades relacionadas a los trastornos digestivos.

La elección y combinación de cepas para una formulación terapéutica debe ser específica para cada enfermedad y debe basarse en las propiedades *in vitro* de las cepas (Pei *et al.*, 2021). Debido a la falta de regulación con respecto al control de calidad de los probióticos comerciales en venta libre, su uso se vuelve cuestionable, en particular debido a la falta de información científica sobre la seguridad y la eficacia clínica (García *et al.*, 2019; Hassel *et al.*, 2020).

La adición de aditivos en la alimentación de los equinos se ha convertido en la mejor estrategia para optimizar la utilización del alimento en equinos (Xia *et al.*, 2019). La inclusión de las levaduras en la dieta de equinos influye favorablemente en la digestibilidad y la utilización de los nutrientes, además de normalizar la población de la microbiota natural del intestino grueso (Cooke *et al.*, 2021). La adición de *Saccharomyces cerevisiae* tiene efectos positivos en los procesos digestivos de los caballos, entre estos se encuentran la capacidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes y disminuir la acumulación de lactato y pH, lo que favorece la actividad de las poblaciones bacterianas en el tracto gastrointestinal (Hassel *et al.*, 2020; Collinet *et al.*, 2021).

En la tabla 1.4 se muestra algunos efectos positivos del uso de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los equinos. Si bien, la literatura actual se concentra en la aplicación de los bioaditivos en relación con las enfermedades gastrointestinales (Silva *et al.*, 2017; Hassel *et al.*, 2020; Pei *et al.*, 2021), existen algunos estudios que demuestran otros efectos beneficiosos sobre la especie equina, aunque no se muestran concluyentes.

Tabla 1.4

Efectos de los microorganismos con capacidad probiótica sobre los índices productivos y la salud de los equinos

Etapa productiva	Edad, meses	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos y de salud						
Potros	7 – 8	Equisul Lac-taço 16 Floc®	<i>S. cerevisiae</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>E. faecium</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. plantarum</i> .	5 g/día de 10 ⁸ UFC/g	Reduce el tiempo de eliminación de rotavirus. Incrementa la producción de linfocitos T. Aumento IgA secretora. Inhibición del crecimiento de bacterias patógenas.	Moura <i>et al.</i> , 2011.
Adultos	Yeguas y ca-ballos castra-dos	Fermento de BAL	<i>E. faecium</i> AL41	100 µl de Ent M	Reducción de coliformes y campylobacterias, y una significativa reducción de <i>Clostridium</i> spp.	Langner <i>et al.</i> , 2019
Hembras	Pruebas in vitro	Biocell, SC47	<i>S. cerevisiae</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>S. bou-lardii</i> .	1,5 x 10 ⁸ UFC por gramo	Mayor ingesta de proteína cruda y una mayor digestibilidad que está relacionada con la concentración de total de células formadoras de colonias.	Salem <i>et al.</i> , 2015
Adultos	Caballos	Cultivos mixtos de bacterias	<i>L. plantarum</i> LUHS135, <i>L. paraca-sei</i> LUHS244	9,0 x 10 ¹⁰ CFU/ml)	No se observaron reacciones adversas durante el ensayo. Todos los caballos mantuvieron el peso corporal y la condición.	Laghi <i>et al.</i> , 2018

Etapas productivas	Edad, meses	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Caballos	4 – 7 años	CVXFLORE-MIEQUILIBRE CVX	<i>L. acidophilus</i> LA201, <i>L. salivarius</i> LA302, <i>B. lactis</i> LA304	3 g / kg alimento / d	Recuperación inmediata de la microbiota natural en los cambios abruptos de la dieta. Ayuda a mejorar la consistencia de las heces. Reduce la actividad fibrolítica. Mejora la actividad amilolítica. Aumenta el número de bacterias celulolíticas en el ciego. Mejora la degradación de las dietas ricas en fibras.	Collinet <i>et al.</i> , 2021

kg, kilogramo. g, gramo. d, días. UFC, unidades formadoras de colonia. GPV, ganancia de peso vivo. CA, conversión alimenticia. a, animal. mL, mililitros. BAL, bacterias acidolácticas. Lev, levaduras. Elaborado por Miranda *et al.*, 2022.

Conclusión

El uso de microorganismos eficientes con efecto probiótico toma relevancia en las condiciones de globalización en donde los aspectos de salud pública y producción animal sostenible como fuente de productos alimenticios inocuos son prioridad mundial. Las evidencias científicas claramente determinan que el uso de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción animal genera efectos negativos para la salud pública a través de la persistencia de residuos de antibióticos en los productos animales generando resistencia bacteriana en aquellos que los consumen.

Con base en la literatura científica revisada, el uso de microorganismos eficientes con efecto probiótico es una alternativa válida para su uso en producción animal en reemplazo de los APC sin haberse encontrado mención sobre efectos indeseables.

Los efectos beneficiosos de los microorganismos eficientes con efecto probiótico, en todas las especies investigadas en el presente estudio, se concentran en la mejora de la salud y estructura gastrointestinal ocasionando la optimización de los procesos de absorción de nutrientes, lo que provoca la mejora en los índices productivos de las especies animales de interés zootécnico.

Además, la evidencia científica sugiere los efectos benéficos de los probióticos sobre la salud animal mediante dos mecanismos, el primero, mediante el fortalecimiento del sistema inmunitario; y, segundo, a través de establecer competencia con aquellos organismos patógenos en el tracto gastrointestinal.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

- Abd, M., Abdelnour, S., Taha, A., Khafaga, A., Arif, M., Ayasan, T., Swelum, A., Abukhalil, M., Alkahtani, S., Aleya, L., Abdel, M. (2020). Probióticos en la alimentación de aves de corral: una revisión exhaustiva. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 104:1835–1850. Doi: <https://doi.org/10.1111/jpn.13454>
- Arif, M., Akteruzzaman, M., Al-Ferdous, T., Shaheenur, S., Chandra, B., Pratik, M., Lutful, S. (2021). Dietary supplementation of *Bacillus*-based probiotics on the growth performance, gut morphology, intestinal microbiota and immune response in low biosecurity broiler chickens. *Veterinary and Animal Science*. 14, 100216. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100216>
- Berreta, A., Burbick, C., Alexander, T., Kogan, C., Kopper, J. (2021). Microbial Variability of Commercial Equine Probiotics. *Journal of Equine Veterinary Science*. 106, 103728. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103728>.
- Cano J. (2016). Efecto de la Suplementación con una Mezcla Probiótica sobre el Comportamiento Productivo de Cuyes (*Cavia porcellus*) durante la Fase de Crecimiento y Acabado. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 27 (1):51-58. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i1.11458>
- Carcelén, F., Asencios, A., Jiménez, R., Santillán, G., Perales, R., Guevara, R. (2021). Morfometría intestinal y desempeño productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de engorde suplementados con probiótico, prebiótico y simbiótico. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 2020. 31(3): e18735. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18735>

- Collinet, A., Grimm, P., Julliand, S., Julliand, V. (2021). Sequential modulation of the equine fecal microbiota and fibrolytic capacity following two consecutive abrupt dietary changes and bacterial supplementation. *Animals*. 11(5), 1–20. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11051278>.
- Cooke, C., Gibb, Z., Harnett, J. (2021). The Safety, Tolerability and Efficacy of Probiotic Bacteria for Equine Use. *Journal of Equine Veterinary Science*. 99, 103407. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103407>
- Criollo, R., Cuenca, M., Herrera, R. (2019). Addition of brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* on the productive behavior and intestinal quality of guinea pigs. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 14(2): 18-29. Doi: <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.14.2.2>
- Dimitru, M., Habeanu, M., Sorescu, I., Jurcoane, S. (2021). Effects of *Bacillus subtilis* use as dietary probiotic in weaning piglets. *Journal of Applied Animal Research* 49(1): 83-88. Doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1877717>
- El-Aziz, A., Marhose, K., El-Kasrawy, N., Alsenosy, A. (2021). Yeast as growth promoter in two breeds of growing rabbits with special reference to its economic implications. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 93(2): e20190274. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120190274>
- El-Ghany, W., Abdel, M., Hosny, F., Alatfeehy, N., Noreldin, A., Quesnell, R., et al. (2022). Comparative efficacy of postbiotic, probiotic, and antibiotic against necrotic enteritis in broiler chickens. *Poultry Science*. 101(8):101988. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101988>
- Garcia, J., Rodriguez, M., Marroquin, A., Kawas, J. (2019). The health enhancer yeast *Saccharomyces cerevisiae* in two types of commercial products for animal nutrition. *Letters in Applied*

- Microbiology. 68(5), 472–478. Doi: <https://doi.org/10.1111/lam.13141>
- Guevara, J., Carcelén, J., García, T. (2021). Comportamiento productivo de cuyes (*Cavia Porcellus* L.) en crecimiento suplementados con prebióticos y probióticos naturales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 22(3). Doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:1920.
- Hassel, D., Curley, T., Hoaglund, E. (2020). Evaluation of fecal sand clearance in horses with naturally acquired colonic sand accumulation with a product containing probiotics, prebiotics, and psyllium. *Journal of Equine Veterinary Science*. 90, 102970. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102970>
- Helal, F., El-Badawi, A., El-Naggar, S., Shourrap, M., Aboelazab, O., Abu, S. (2021). Probiotics role of *Saccharomyces cerevisiae* and *Bacillus subtilis* in improving the health status of rabbits' gastrointestinal tract. *Bulletin of the National Research Centre*. 45, 66. Doi: <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00522-0>
- Henrotin, Y., Patrier, S., Pralus, A., Roche, M., Niveliez, A. (2021). Protective Actions of Oral Administration of *Bifidobacterium longum* CBi0703 in Spontaneous Osteoarthritis in Dunkin Hartley Guinea Pig Model. *CARTILAGE*. 13(2) 1204S–1213S. Doi: <https://doi.org/10.1177/1947603519841674>
- Hooijmans, C., Rovers, M., de Vries, R., Leenaars, M., Ritskes, M., Langendam, M. (2014). SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Medical Research Methodology*. 14, 43. Doi: [10.1186/1471-2288-14-43](https://doi.org/10.1186/1471-2288-14-43)
- Kwak, M., Tan, P., Kyonung Oh, J., Su Chae, K., Kim, J., Hun Kim, K. (2021). The effects of multispecies probiotic formulations on growth performance, hepatic metabolism, intestinal integrity and fecal microbiota

- in growing-finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 274. 114833. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114833>
- Laghi, L., Zhu, C., Campagna, G., Rossi, G., Bazzano, M., Laus, F. (2018). Probiotic supplementation in trained trotter horses: Effect on blood clinical pathology data and urine metabolomic assessed in field. *Journal of Applied Physiology*. 125, 654–660. Doi: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01131.2017>
- Langner, K., Vervuert, I. (2019). Impact of nutrition and probiotics on the equine microbiota: Current scientific knowledge and legal regulations. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*. 47(01): 35-48. Doi: <https://doi.org/10.1055/a-0824-5210>
- Lilly, D., Stillwell, R. (1965). Growth promoting factor produced by microorganisms. *Science*. 147(3659):747-8. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.147.3659.747>.
- Liu, X., Kim, S., Kim, I. (2020). Effects of the combination of multistrain probiotics and *Castanea crenata* shell extract on growth performance, nutrient digestibility, fecal microbial shedding, meat quality, noxious gas emissions, and blood parameters in finishing pigs. *Livestock Science*. 240, 104185. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104185>
- Miranda, J., Cárdenas, A., Lazo, L., Sánchez, D. (2018). Repercusión de bacterias lácticas y levaduras sobre el comportamiento productivo y salud de lechones. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 29(4): 1203-1212. Doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i4.15184> (a)
- Miranda-Yuquilema, J., Marin-Cárdenas, A., García-Hernández, Y. (2018). Repercussion of microbial additive on the productive, Zoometric and diarrheal incidences of piglets. *Revista MVZ Córdoba*. 23(2), 6617-6627. Doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.1335> (b)

- Mountzouris, K., Tsitsirikos, T., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., Fegeros, K. (2010). Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*. 89(1):58-67. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00308>
- Moura, R., Saliba, E., Almeida, F., Lana, A., Moreira, D., Silva, V., et al. (2011). Digestibilidad aparente de dietas con probióticos o fitasa para potros Mangalarga Marchador TT - Apparent digestibility of diets with probiotics or phytase in Mangalarga Marchador foals. *Archivos de Zootecnia*. 60 (230), 193–203. Doi: <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000200004>
- Mourand, G., Paboeuf, F., Gripon, P., Lucas, P., Bougeard, S., Denamur, E., Kempf, I. (2021). Impact of *Escherichia coli* probiotic strains ED1a and Nissle 1917 on the excretion and gut carriage of extended-spectrum beta-lactamase-producing *E. coli* in pigs. *Veterinary and Animal Science*. 14. 100217. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100217>
- Ojeda, F., Blanco, D., Cepero, L., Izquierdo, M. (2016). Efecto de la inclusión de un biopreparado de microorganismos eficientes (IHplus®) en dietas de cerdos en ceba. *Pastos y Forrajes*. 39(2):119-124.
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, (71). Doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pei, L., Yang, H., Qin, S., Yan, Z., Zhang, H., Lan, Y., Li, A., Iqbal, M., Shen, Y. (2021). Isolation and evaluation of probiotic potential of lactic acid strains from healthy equines for potential use in

- salmonella infection. *Journal of Equine Veterinary Science*. 96, 103312. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103312>
- Räfle, M., Thøfner, I., Sandvang, D., Ladefoged, L. (2022). The effect of a probiotic *E. faecium* 669 mitigating *Salmonella* Enteritidis colonization of broiler chickens by improved gut integrity. *Poultry Science*. 102029. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102029>
- Roque-Bermúdez, N. (2015). Uso de un aditivo probiótico en la alimentación cunícola. Tesis en opción al grado de Máster en Salud Animal Avanzada. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. pp, 80.
- Rybarczyk, A., Boguslawska, E., Lupkowska, A. (2020). Effect of EM® probiotic on gut microbiota, growth performance, carcass and meat quality of pigs. *Livestock Science*. 241 104206. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104206>
- Salem, A., Elghandour, M., Kholif, A., Odongo, N., Jiménez, F., Montes, R., Dibarrat, J. (2015). The effect of feeding horses a high fiber diet with or without exogenous fibrolytic enzymes supplementation on nutrient digestion, blood chemistry, fecal coliform count, and in vitro fecal fermentation. *Journal of Equine Veterinary Science*. 35(9), 735-743. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.07.009>
- Silva, B., Sandes, S., Alvim, L., Bomfim, M., Nicoli, J., Neumann, E., Nunes, A. (2017). Selection of a candidate probiotic strain of *Pediococcus pentosaceus* from the faecal microbiota of horses by in vitro testing and health claims in a mouse model of *Salmonella* infection. *Journal of Applied Microbiology*. 122(1), 225–238. Doi: 10.1111/jam.13339
- Summers, J., Turner, B., Tillman, N. (2022). Effects of feeding a probiotic blend on live performance of broiler chickens from 0 to 49 days of age. *Journal of Applied Poultry*

- Research. 31(3), 100273. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100273>
- Sun, Y., Duarte, M., Kim, S. (2021). Dietary inclusion of multispecies probiotics to reduce the severity of post- weaning diarrhea caused by F18+ *E. coli* in pigs. *Animal Nutrition*. 7(2):326-333. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.08.012>
- Torres, C., Carcelén, F., Ara, M. (2013). Efecto de la suplementación de una cepa probiótica sobre los parámetros productivos del cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 24(4): 433-440. Doi: <https://doi.org/10.15381/rivep.v24i4.2729>
- Tsunemine, S., Isa, Y., Ohno, H., Hagino, S., Yamamura, H. Mizutan, N. (2015). Longitudinal study of effects of oral dosage of *Bifidobacterium bifidum* G9-1 on Japanese cedar pollen-induced allergic nasal symptoms in guinea pigs. *Microbiol Immunol*. 59(11):690-9. Doi: 10.1111/1348-0421.12324
- Xia, Y., Qin, S., Shen, Y. (2019). Probiotic potential of *Weissella* strains isolated from horse feces. *Microbial Pathogenesis*. 132, 117–123. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.04.032>
- Yang, Y., Park, J., Kim, I. (2020). Effects of probiotics containing (*Lactobacillus planetarium*) and chlortetracycline on growth performance, nutrient digestibility, fecal microflora, diarrhea score and fecal gas emission in weanling pigs. *Livestock Science*. 241, 104186. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104186>

CAPÍTULO

II

EL CALOSTRO: CARACTERÍSTICAS, FACTORES DE CALIDAD, PROCESAMIENTO INDUSTRIAL Y EFECTO EN LA SALUD HUMANA

Davinia Sánchez Macías

*Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Grupo de investigación Producción Animal e Industrialización (PROANIN). Riobamba, Ecuador, 060150.
dsanchez@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-5626-4249>*

Katherine Mishelle Ortiz León

*Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Grupo de investigación Producción Animal e Industrialización (PROANIN). Riobamba, Ecuador, 060150.
kortiz@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0000-5773-0280>*

RESUMEN

El calostro representa una fuente natural de componentes bioactivos y representa múltiples beneficios para la salud humana. En esta investigación se analiza el uso del calostro en la industria láctea y sus beneficios demostrados y potenciales en la salud humana. A través de un análisis exhaustivo, se identificaron aquellos factores que modifican la calidad del calostro (ambientales, fisiológicos, genéticos y de manejo), además de los diferentes productos elaborados con base en calostro en la industria láctea, denotando un cambio significativo de este recurso de residuo a materia prima. Así mismo, se describe los componentes del calostro (factores inmunológicos, crecimiento y nutricionales) en beneficio de la salud del ser humano.

Palabras clave: calostro, factores de calidad, compuestos bioactivos, industria láctea, salud humana

2.1 Introducción

El calostro es la secreción de la glándula mamaria que se produce y se acumula en la última etapa de gestación de los mamíferos, y es obtenida en los primeros días después del parto. Representa una fuente natural de componentes bioactivos, tales como factores de crecimiento, vitaminas, ácidos grasos, hormonas, inmunoglobulinas y péptidos (Kovacs *et al.*, 2020). En las horas subsiguientes al parto, el número de componentes biológicamente activos va disminuyendo (Moreno-Indias *et al.*, 2012), luego de lo cual cambia sus características gradualmente y se convierte en leche madura (Puppel *et al.*, 2016; Sánchez-Macías *et al.*, 2014).

Se ha analizado extensamente la composición del calostro de diferentes especies, incluyendo el bovino, caprino, ovino, bufalino y, por supuesto, el humano, destacando la presencia de numerosas sustancias biológicamente activas esenciales para funciones específicas.

Los componentes bioactivos del calostro presentan actividades que promueven la salud, motivo por el cual se considera un alimento funcional, y entre estas actividades se incluye la actividad antimicrobiana, inmunoestimulante, antihipertensiva, antitrombótica y promotora del crecimiento (esta última juega un papel importante en el desarrollo, maduración y reparación de tejidos gastrointestinales), entre otros (Menchetti *et al.*, 2016). Todos sus componentes y actividades biológicas, en conjunto, le dan valor añadido a este coproducto de la ganadería.

La calidad del calostro varía, a veces considerablemente, lo cual está determinado por factores intrínsecos y extrínsecos al animal. Entre los factores intrínsecos que afectan a la calidad del calostro, nos podemos encontrar la especie, raza, edad y sexo del animal,

número de partos, estado de salud, etc. Y entre los factores extrínsecos nos encontramos factores ambientales o de manejo, tales como la dieta, manejo de la alimentación, manejo sanitario y reproductivo, fotoperiodo, temperatura, duración del período seco y forma y momento de obtención del calostro tras el parto.

A pesar de sus beneficios, el calostro no es aprovechado por la industria láctea en la mayoría de los países, y el sector pecuario no recibe ningún incentivo económico para su producción, aseguramiento de la calidad o comercialización. Sin embargo, debido al gran potencial nutricional, inmunológico y de salud que brinda a los consumidores, es importante investigar y aprovechar los beneficios que este recurso podría otorgar al ser humano (El-Loly, 2022).

2.2 El calostro: producción, consume y calidad nutricional e inmunológica

2.2.1 Producción de calostro

La producción de leche a gran escala va acompañada de la producción de una notable cantidad de calostro como coproducto (Yurchenko *et al.*, 2016). En el año 2020, en el mundo había un total aproximado de 4120 millones de animales lecheros principales (bovinos, bufalinos, caprinos y ovinos), de los cuales 457 millones se encuentran en América del Sur y de estos casi 9 millones se encuentran en Ecuador (FAOSTAT, 2022). De todos estos grupos de animales, se puede obtener calostro con características excepcionales para su aprovechamiento en la industria y consumo humano.

La producción de calostro solo se puede estimar, ya que los productores no suelen manejar un registro de producción, cuya

extracción se realiza en forma manual o mecánica. Se estima que el 0,5% de la producción lechera de un animal durante un periodo de lactación es calostro. Teniendo en cuenta que en el año 2020 la producción mundial de leche, de todas las especies ganaderas de las que se tiene registro en la FAO, fue de casi 887 millones de toneladas, si se hace el cálculo correspondiente, la producción de calostro mundial en ese año fue de aproximadamente 4,44 millones de toneladas. Una cantidad muy, muy considerable. Y si se estima para América del Sur y Ecuador, la producción de calostro sería de 334 y 9 toneladas, respectivamente.

En Ecuador existe un desconocimiento parcial o total en cuanto a la preservación y uso del calostro en las ganaderías productoras de leche y en el sector de la industria láctea. Por este motivo, dar a conocer los beneficios y formas de aprovechamiento del calostro es fundamental para desarrollar la industria y mejorar la salud de los ciudadanos.

2.2.2 Consumo del calostro alrededor del mundo

Las personas preocupadas por su salud, así como aquellos seguidores de la filosofía “slow food”, originalmente se ha interesado en el calostro debido a sus altos niveles de anticuerpos o inmunoglobulinas. Piensan que los anticuerpos pueden prevenir infecciones, pero este conocimiento es bastante carente con relación al potencial del calostro.

Algunos atletas consumen el calostro para quemar grasa, desarrollar la musculatura, incrementar los niveles de estamina (fuerza física y mental) y vitalidad, así como mejorar su *performance* atlético. De hecho, el calostro no es un producto prohibido ni considerado como droga por el Comité Olímpico Internacional. El calostro también es consumido por la creencia (y demostrado) de que sus componentes

tienen la capacidad de mejorar el sistema inmunológico, cicatrizar heridas, reparar daños en el sistema nervioso, retardar y revertir el envejecimiento, así como por su capacidad antimicrobiana. También es usado para tratar la inflamación del colon (colitis).

Se utiliza en la medicina ayurvédica para tratar enfermedades crónicas, incluyendo alergias, desórdenes digestivos, gota, depresión, entre otras. Sorprendentemente, también es usado en una gran variedad de platos, postres y pudines, incluyendo calostro con frutas, queso y cuajada de calostro, tortas de calostro, entre otras. Algunos de los ejemplos son:

En la India, el calostro solidificado es vendido como un tipo de dulce. Elaborado con calostro de búfala se llama *junnu*, y se vende como un postre dulce.

En Ucrania hay un plato típico tradicional llamado *molozyvo*, que es como un queso dulce hecho con calostro. Mientras que en la India existe en Posu, un plato dulce de calostro.

Kalvdans es una postre clásico escandinavo. Es elaborado con calostro crudo y tiene una larga tradición sueca. En este caso, debido a las normas sanitarias del país, la leche o derivados sin pasteurizar solo pueden venderse directamente en las granjas. Por este motivo, la capacidad para producir este postre es bastante limitado y no se prepara tan a menudo hoy día.

El *råmjölkspannkaka* es un postre muy similar al *kalvdans*, pero en otros países de la región. En Islandia se elabora un pudding con calostro, llamado *Ábrystir*. En Inglaterra el calostro se ha usado tradicionalmente como un *pudding*.

En España y Ecuador se consume esporádicamente, pero a nivel de granja o en casas donde adquieren el calostro en el mercado o en las propias unidades de producción. En este caso, el calostro se calienta hasta formar una papilla dulce y grumosa, a la que se llama *zamora*.

2.2.3 Composición y calidad nutritiva del calostro

Ciertas características del calostro pueden ser específicas de la especie, mientras que otras pueden ser compartidos entre especies. En el caso del calostro de los animales ganaderos, los componentes y actividades nutricionales benefician a las crías recién nacidas, pero también es capaz de beneficiar a grupos específicos de humanos (Rathe *et al.*, 2014; El-Loly, 2022). En la Tabla 2.1 se puede encontrar algunos componentes presentes en el calostro y su actividad funcional.

Las marcadas diferencias observadas en el calostro de distintas especies y las composiciones de la leche madura han evidenciado diferentes funciones biológicas de los dos fluidos (McGrath *et al.*, 2016). A su vez las características pueden variar entre distintos calostros, lo que se atribuye a los factores ya sean extrínsecos relacionados con aspectos de manejo de granja y factores ambientales (Fleming, 2014) o intrínsecos, que pueden estar relacionados con características genotípicas que afectan la calostrogénesis, tales como la especie animal, la raza, la edad, la nutrición, el tamaño de la camada, y el estado de salud de la madre (Hernández-Castellano *et al.*, 2014).

Tabla 2.1

Algunos componentes presentes en el calostro y su función

Componente	Función
Vitaminas	
A	Desarrollo de un sistema inmunitario saludable
B1	Absorción intestinal de calcio y otros minerales
B12	Mantenimiento de nervios y glóbulos rojos sanos
E	Protección del sistema nervioso y cerebro

Componente	Función
Minerales	
Sodio	Mantener el equilibrio de líquidos, la transmisión nerviosa y la contracción muscular
Cloruro	Secreción de ácido estomacal
Potasio	Transmisión del nervio
Calcio	Desarrollo de huesos y dientes sanos, funcionamiento muscular, desarrollo del sistema inmunitarios, funcionamiento nervioso
Fósforo	Construyendo huesos y dientes sanos, mantiene el equilibrio ácido-base
Magnesio	Proteína sintetizadora de magnesio, desarrollo del sistema inmunitario
Sulfuro	Parte de una molécula de proteína
Aminoácidos	Bloques de construcción de proteínas
Aceites esencia-les/lípidos	Vitalidad y crecimiento del recién nacido
Factores inmunes	
Polipéptido rico en prolina (PRP)	Regula la actividad de la glándula del timo
Inmunoglobulinas	Propiedades inmunológicas y neurológicas.
IgG	Neutraliza toxinas y microbios en el sistema lin-fático y circulatorio
IgM	Propiedades bactericidas
IgE	Propiedades antivirales
IgD	Propiedades antivirales
Lactoferrina	Antiviral, antibacteriana, antioxidante, antiinfla-matoria, anticancerígena y regula la absorción de hierro en el intestino
Enzimas	
Lactoperoxidasa-tiocianato, xantina oxidasa y peroxi-dasa	Actividad antimicrobiana contra bacterias a tra-vés de su capacidad de liberar peróxido de hi-drógeno
Tripsina	Previene la destrucción de los factores inmunes y de crecimiento en el calostro
Factores de crecimiento	

Componente	Función
Hormona del cre-cimiento (GH)	Catalizando la formación de ADN, células y teji-dos, crecimiento y regeneración
Factor de creci-miento epitelial EGF	
Factor de crecimiento similar a la insulina I y II (IGF-1 e IGF-II)	

Nota. Adaptado de Buttar *et al.* (2017).

La composición y propiedades fisicoquímicas del calostro son altamente dinámicas y variables. Sus componentes varían debido a muchos, tal y como se ha nombrado anteriormente. Las diferencias extremas en la composición y características fisicoquímicas entre el calostro y la leche madura también han sido evidenciadas en varios trabajos, y además en varias especies de interés ganadero, así como en el humano. En la Tabla 2.1 se muestra diferencias relacionadas con la composición básica del calostro y la leche, evidenciando no solo variabilidad entre especies (humano, bovino, caprino, ovino, bufalino y camellar), sino también una gran diferencia con la leche intraespecífica.

El calostro humano se caracteriza por tener muy bajo contenido graso y proteico en comparación con el resto de las especies analizadas, a excepción del calostro proveniente del camello. Sin embargo, el contenido de lactosa es sumamente superior en el calostro humano en relación con el resto de los animales.

Tabla 2.2*Composición química básica del calostro y leche madura de distintas especies*

Especie	Secreción	Componente (%)		
		Grasa	Proteína	Lactosa
Humano	Calostro	3,80	1,20	7,00
	Leche	2,10	1,94	6,45
Bovino	Calostro	5,68-8,04	10,65-16,12	1,75-2,50
	Leche	2,94-3,90	3,00-4,48	4,04-4,57
Caprino	Calostro	4,10-9,69	10,47-20,06	2,44-2,75
	Leche	2,77-4,31	3,36-3,95	4,83-5,44
Ovino	Calostro	8,21-14,04	12,44-21,24	3,16-3,26
	Leche	5,05	5,17	4,91
Bufalino	Calostro	9,59	13,46-13,53	0,98-1,26
	Leche	7,00	3,01-3,80	0,66-0,68
Camellar	Calostro	0,40	11,23	2,65
	Leche	4,00	3,46	4,86

Nota. Adaptado de El-Loly (2022) y Sánchez-Macías *et al.* (2014).

En el caso de vacas, cabras, ovejas, búfalas y camellas, la concentración de proteínas (y caseínas) es más alto en el calostro que en la leche, sin embargo, el contenido de proteínas séricas, como las inmunoglobulinas o β -lactoglobulina, es sumamente elevado provocando una disminución en la ratio caseína / proteínas séricas, motivo por el cual el calostro no coagula como un queso común cuando se adiciona cuajo.

En el caso del calostro humano, en su transición a leche, baja el contenido graso y de lactosa, mientras que sube el proteico. En los otros animales, principalmente en los de ganadería convencional (bovinos, ovinos, caprinos y bufalinos), al pasar de calostro a leche, el contenido graso y proteico bajan, mientras que sube el contenido de lactosa.

2.2.4 Calidad inmunológica del calostro

En la Tabla 2.3 se encuentran resumidos los valores mínimos y máximos de componentes inmunológicos y antimicrobianos del calostro de distintas especies animales.

El calostro contiene componentes inmunológicos y antimicrobianos que aportan a la salud y crecimiento de los recién nacidos. Sin embargo, su consumo como suplemento en diferentes fases de crecimiento o estados de salud, podría ayudar a luchar contra infecciones y promover la salud del microbiota intestinal (Silva *et al.*, 2019; El-Loly, 2022). Algunos de estos agentes antimicrobianos son específicos (como las inmunoglobulinas), mientras que otros son no específicos (como la lactoferrina, lactoperoxidasa y las lisozimas).

Es de mención especial la lactoferrina, una glicoproteína presente en la secreción de los mamíferos como la leche y el calostro. Su administración oral tiene muchas actividades funcionales para el humano como antimicrobiana, antifúngica, antiviral, anticancerígena, antiinflamatoria y antioxidante.

Tabla 2.3
Componentes antimicrobianos del calostro y leche madura (mg/ml) de distintas especies

Especie	Secreción	IgG	IgM	IgA	LF	LZ2
Humano	Calostro	0,88	14,05	36,53	-	-
	Leche	0,13-1,14	0,29-0,37	4,23-11,96	1,95-25,00	248
Bovino	Calostro	12,26-212	3,20-8,07	3,05	0,04	
	Leche	0,75-5,52	0,11	-	0,16	-
Caprino	Calostro	32,99-63,10	1,6-8,30	0,86-5,40	-	-
	Leche	0,88	0,20-4,10	0,07-1,40	-	-
Ovino	Calostro	61,20-101,20	2,90-5,60	3,40-6,20	-	-

Especie	Secreción	IgG	IgM	IgA	LF	LZ2
Bufalino	Leche	40,80	2,00	1,00	-	-
	Calostro	33,20-54,00	3,00-5,52	0,64-3,22	1,09	-
Camellar	Leche	0,78	0,12-1,48	0,02	0,12	-
	Calostro	47,2	-	-	84	103
	Leche	1,54	-	-	4-24	0,06-0,73

¹LF: lactoferrina; LZ: lisozima. ²La unidad de medida de la LZ es $\mu\text{g/ml}$.

Nota. Adaptado de El-Loly (2022) y Sánchez-Macías *et al.* (2014).

2.3 Factores que afectan la calidad del calostro

La calostrogénesis, es decir, la producción del calostro, ocurre durante las últimas semanas de la gestación y son muchos los factores que pueden interferir con el rendimiento y la calidad del mismo. En esta sección se encuentran cuatro grupos de factores: ambientales, fisiológicos, genéticos y de manejo. Dentro de cada uno de ellos se hará alusión a solo algunos, los más importantes, puesto que en realidad son muchísimos aquellos que pueden interferir con el proceso de calostrogénesis y modificar las características del calostro.

2.3.1 Factores ambientales

Los factores físicos del ambiente que atribuyen disconfort del ganado pertenecen a una complicada interacción de la temperatura de aire, humedad relativa, radiación, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, rayos de luz ultravioleta y partículas de polvo, entre otros. Así mismo, no hay que olvidar que el estrés provocado por la fauna silvestre puede también afectar a la producción y calidad del calostro, y estos los consideramos dentro de los factores ambientales, aunque no se ha encontrado literatura relevante al respecto.

Índice de temperatura y humedad relativa ambiental

La temperatura es la variable más investigada y al mismo tiempo la más utilizada como indicador de estrés termal; por esta razón el promedio de la temperatura ambiente es generalmente considerado como la principal medida térmica utilizada para estimar el confort en el animal. Por otro lado, la humedad relativa es la variable climática que favorece el incremento de la carga calórica en los animales, relacionándose negativamente con la frecuencia respiratoria y la producción de leche (Leyva, 2015). El índice de temperatura humedad es un único valor que representa el efecto combinado de la temperatura y humedad del aire asociado con el estrés termal del animal. Variaciones en este índice han sido asociadas y correlacionadas moderadamente con la producción de calostro (Gavin *et al.*, 2018). Sin embargo, la calidad del calostro no se ve afectada por el aumento de temperatura (Borelli *et al.*, 2022).

Calor

El estrés por calor no muestra el perfil metabólico típico; una alta carga térmica por mecanismos que son desconocidos e independientes al consumo de materia seca del animal pueden disminuir la producción y calidad del calostro, ya que el estrés por calor interfiere en el metabolismo de proteínas que participan en el transporte de nutrientes en las células epiteliales mamarias (Herbut *et al.*, 2019).

Radiación solar

Es el impacto sobre la carga total de calor del animal y sobre la frecuencia respiratoria, incrementando la intensidad del estrés calórico. La cantidad de calor absorbido por efecto de la radiación solar depende, además, de la temperatura corporal, de la intensidad de la radiación, tiempo de exposición a la radiación, del color de la piel y del pelo (Borelli *et al.*, 2022).

Fotoperiodo

El efecto del fotoperiodo sobre la glándula mamaria está mediado por las señales de luz que llegan a través del ojo, lo cual altera la secreción de melatonina por la glándula pineal. Días largos permiten la supresión de melatonina y días cortos están asociados con un incremento de la misma. Los fotoperiodos de días cortos incrementan hasta en un 10% la producción de leche, pero no se ha realizado ningún estudio con relación al calostro, siendo especulativo el hecho de pensar que la producción de calostro en fotoperiodos cortos puede aumentar y mejorar la calidad de este producto (Borelli *et al.*, 2022).

2.3.2 Factores fisiológicos

Período seco

El periodo seco es la fase más importante del ciclo del animal lechero. Durante esta fase, su ubre se va preparando para la siguiente lactación, y también es el periodo crítico en el que se produce el calostro. Ocurren cambios fisiológicos, metabólicos y nutricionales muy profundos que determinarán el éxito productivo y reproductivo del animal en la siguiente lactancia. Durante este período el animal lechero se ve enfrentado a los mayores cambios fisiológicos por su preparación a la síntesis y secreción de calostro, el parto, y la posterior producción de leche, hechos que enfrentan al animal a un fuerte estrés nutricional y metabólico, asociado a los cambios de manejo y ambiente que se realizan en este período. De ahí que la existencia de cualquier anormalidad durante el periodo seco tenga un efecto negativo sobre la salud del animal y su producción de leche tras el parto.

Algunos estudios sugieren que la concentración de inmunoglobulina G es similar entre las vacas con periodos cortos de secado comparado con los periodos convencionales (2 meses). Sin embargo, la disminución del periodo seco de 60 a 40 días provoca una disminución de la cantidad del calostro. Por otro lado, las vacas que no tienen periodo seco presentan un calostro de muy baja calidad (Klusmeyer *et al.*, 2009). Ello evidencia la importancia del periodo seco en los animales lecheros para la acumulación de componentes inmunológicos y nutricionales en el calostro de manera adecuada.

Número de partos

Las concentraciones de inmunoglobulinas son más bajas en hembras primerizas que en adultas multíparas. Además, estas últimas, y con edades más avanzadas, tienen un sistema inmunológico más desarrollado debido a una mayor exposición de antígenos durante su vida, lo que será transmitido a las crías a través del calostro. Igualmente, la capacidad secretora de la glándula mamaria es superior en las hembras multíparas y poseen un mecanismo más activo de transporte de inmunoglobulinas (Borchardt *et al.*, 2022).

Edad al primer parto

La edad al primer parto es un indicador del tiempo que tarda un animal en alcanzar su madurez sexual y reproducirse por primera vez; la misma puede verse influenciada por el tamaño corporal y el inicio de la actividad hormonal del sistema reproductivo. Para los animales primíparos, hay una relación positiva entre la edad de la primera preñez y la cantidad de calostro producido. Es decir, a mayor edad del primer parto, mayor cantidad de calostro (Borchardt *et al.*, 2022).

2.3.3 Factores genéticos

El genotipo de un animal representa el gen o grupo de genes responsable por un rasgo en particular. En un sentido más general, el genotipo describe todo el grupo de genes que un individuo ha heredado. Como contraste, el fenotipo es el valor que toma un rasgo; en otras palabras, es lo que puede ser observado o medido (Hernández-Castellano *et al.*, 2014).

La especie

Tal y como se vio en las secciones anteriores (tablas 2 y 3), tanto la cantidad como la calidad del calostro varía profundamente de una especie a otra. Así mismo, las propiedades fisicoquímicas también difieren de una especie a otra, tal como se pueden observar en los estudios sobre los cambios evolutivos al pasar de calostro a leche en distintas especies (Tsioulpas *et al.*, 2007; Sánchez-Macías *et al.*, 2014).

Raza

Las razas especializadas en producción de leche producen una mayor cantidad de calostro, pero de menor calidad, como la Holstein, mientras que las razas Guernesey, Jersey, Ayrshire y pardo suizo son de menor producción de leche, pero con un contenido de sólidos totales más alto. Las razas destinadas a la producción de carne producen una menor cantidad de calostro, pero de mejor calidad (Puppel *et al.*, 2019).

2.3.4 Factores de manejo

a. Alimentación y manejo nutricional. La alimentación es uno de los principales factores que afectan la producción de calostro

y leche. Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo con sus requerimientos nutricionales, teniendo en cuenta también ciertos factores como el peso del animal, el nivel de producción y el tiempo de lactancia. Todos estos aspectos deben ser considerados, y la mejor proporción de raciones debe formularse con una proporción razonable de forraje y concentrado. La dieta de los animales rumiantes como vacas, cabras, ovejas y búfalas debe ser equilibrada para mejorar el metabolismo ruminal y la síntesis de productos finales como la producción de calostro, leche y sus nutrientes (Vélez, 2015). Aparte de la composición de la alimentación, el manejo nutricional, como el tiempo de exposición a dietas preparto, podría afectar a la producción de calostro.

- b. Manejo sanitario.** Parte de la salud del ganado empieza desde la elección de las razas y animales adecuados al medio ambiente local y sistema de explotación, vacunar a todos los animales siguiendo requisitos de autoridades sanitarias, de esa manera se mejora la resistencia a las enfermedades y reduce el estrés; además de adquirir solo animales que se conozca su estado de salud y controlar su entrada, el objetivo principal es mantener la bioseguridad para conservar sanos a los animales, es por eso que se debe disponer de un programa eficaz para la gestión sanitaria (FAO, 2012, citado en Martínez, 2014).

Durante la vida del animal, esto no solo se ha enfrentado de forma natural a distintos antígenos que crean componentes inmunológicos que posteriormente pasan al calostro, sino que también son sometidos a diferentes programas sanitarios, con la aplicación de vacunas. Las vacunas generan inmunidad específica en el animal, de manera que los anticuerpos que desarrolla son transferidos al calostro (Civra *et al.*, 2019). A este respecto, es de especial interés nombrar el calostro hiperinmune. Los calostros

hiperinmunizados se generan a través de una inmunización activa del animal con antígenos de patógenos específicos durante la preñez. El calostro generado ahora tendrá componentes antimicrobianos (inmunoglobulinas) específicas contra los patógenos ante los cuales se retó al animal.

2.4 El calostro en la industria

A escala mundial, las nuevas tendencias alimenticias de la población humana han despertado el interés de las industrias en el desarrollo de nuevos productos con propiedades funcionales o nutraceuticas. En humanos se ha descrito que el calostro proporciona nutrientes que fortalecen el sistema inmunológico, acelera la regeneración de tejidos (Reyes *et al.*, 2020), mejora la condición gastrointestinal (Nazir *et al.*, 2018) y contribuye al proceso de cicatrización de heridas (Altomare *et al.*, 2016). Los beneficios para la salud humana que posee el calostro pueden aprovecharse en la producción de nuevos alimentos, diversificando el mercado con el objetivo de mejorar la salud del consumidor (Bagwe *et al.*, 2015).

a. Uso de tecnologías en el procesamiento del calostro

De acuerdo con Sotudeh *et al.* (2018), el procesamiento de productos alimenticios tiene como objetivo garantizar la seguridad y la calidad de los alimentos, sin alterar el perfil nutricional y ampliando el tiempo de vida útil. De esta manera, se han descrito algunas alternativas para preservar el calostro, incluyendo la refrigeración, la congelación, el uso de aditivos químicos, la pasteurización, la liofilización y el secado por pulverización (Sotudeh *et al.*, 2018).

Mata *et al.* (2014) menciona que las dificultades presentadas para el procesamiento del calostro afectan a las propiedades tecnológicas de la leche y en el procesamiento comercial, sin embargo, han impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías como la alta presión

de homogenización y la ultrafiltración, las cuales son técnicas prometedoras para la preservación de calostro y sus componentes (Sanket *et al.*, 2018).

Sacerdote *et al.* (2013), en su preocupación por la alta variabilidad de la composición del calostro debido a todos los factores antes mencionados (además de la granja de origen, tiempo de recolección, presencia variable de componentes bioactivos, así como variabilidad en su proporción), definió un protocolo para obtener un producto estable, estéril y estandarizado. Este protocolo se basa en la aplicación de técnicas de centrifugación, filtración y liofilización aplicadas al calostro. Los conservantes pueden ser usados en la recolección y transporte del calostro, y más tarde ser eliminados mediante técnicas de diálisis. La evaluación de los componentes del calostro muestra que con este protocolo el producto final de calostro contiene significantes y reproducibles cantidades de factores bioactivos, incluyendo citocinas, factores inmunomoduladores y de crecimiento, así como inmunoglobulinas. Este producto derivado del calostro parece ser estéril, libre de pirógenos, estandarizado y con una alta concentración de compuestos bioactivos.

Por otro lado, Keech y Jiménez-Flores (2005) establecieron un método y sistema para aislar péptidos y proteínas específicas del calostro, basado en un proceso del fraccionamiento de esta secreción. El calostro primeramente pasa al menos una vez por una columna de intercambio iónico, con el fin de eliminar grandes partículas. Estas pueden ser rescatadas de la columna y luego micro o ultrafiltrarse. Este proceso ha sido patentado por APS BioGroup (Patent Application Number US2005/0092684A1) para producir algunos productos comerciales como calostro e Immulox en polvo, los cuales presentan un efecto de balance del sistema inmune y alta concentración de polipéptidos ricos en prolina (12%

de enriquecimiento), de 4 a 40 veces más que de cualquier calostro en polvo sin procesar por este método. La empresa APS BioGroup ofrece calostro entero, calostro descremado y calostro rico en péptidos (Immulox), tanto en polvo, cápsulas, tabletas masticables y en *sachet*, así como el Immulox líquido en aerosol.

b. Uso del calostro en la industria láctea

Con respecto a los estudios acerca de la utilización de calostro en la industria, se evidenció la existencia de referentes a la elaboración de productos lácteos como yogur, helado, calostro liofilizado y productos a base de calostro. Se presenta a continuación algunos ejemplos:

Azza *et al.* (2018) analizaron el efecto de la adición de calostro bovino y jarabe de dátíl como ingredientes naturales sobre el valor nutricional del yogur y su calidad durante el período de conservación en frío. El yogur funcional se preparó utilizando leche de búfala al 3% de grasa y jarabe de dátíl al 5% para todos los tratamientos excepto el control y se agregó calostro bovino en diferentes proporciones: 5% (T2), 10% (T3) y 15% (T4); se concluyó que la adición de jarabe de dátíl y calostro bovino en el yogur mejora significativamente el contenido de sólidos totales (18,80%), proteína total (6,70%), inmunoglobulina G (10,80%), lactoferrina (0,967%) y minerales (calcio: 191,63 mg/100g, fósforo: 111,62 mg/100g) en comparación con el control. Además, la mayoría de los nutrientes tuvieron un ligero incremento durante el período de almacenamiento (5 °C durante 12 días). Con la adicción de estos componentes no se observó diferencias significativas en sabor, apariencia, cuerpo y textura y presentó una buena aceptabilidad general entre todos los tratamientos de yogur.

Otra investigación cuyo objetivo fue elaborar un producto con base en calostro bovino liofilizado saborizado con diferentes

concentraciones de panela y canela fue planteada por Benavides (2019). Se tomaron muestras de calostro bovino de raza Holstein realizando diferentes combinaciones de panela y canela: C1 (8,6 %, 0,45%), C2 (8,18%, 0,90%), C3 (7,27%, 1,8 %) y C4 (calostro bovino en 90,90%), los cuales tuvieron un tratamiento de pasteurización y liofilización. Al realizar la evaluación sensorial el tratamiento con mayor aceptación fue el tratamiento C3 que contenía un 90,90% de calostro, un 7,27% de panela y 1,81% de canela.

Anamika Das y Seth (2017) realizaron un liofilizado de calostro a partir de muestras recolectadas dentro de las 24-36 horas posparto. Una vez que el calostro fue estandarizado se determinó atributos fisicoquímicos: sólidos totales: 14,10%, grasa: 4,28%, lactosa: 4,1%, proteína: 4,83%, IgA: 0,04 g/100gm y IgG: 0,57 g/100g. La microestructura de las partículas de polvo fue analizada con microscopio electrónico de barrido, y se pudo concluir que el liofilizado de calostro puede utilizarse como formulación de diferentes productos alimenticios como fórmulas infantiles, lácteas fermentadas, bebidas deportivas y suplementos dietéticos.

Nazir *et al.* (2018) estudió el desarrollo de calostro fermentado, incluyéndolo en varias proporciones de calostro: leche: C1 (100:0), C2 (80:20), C3 (60:40), C4 (50:50). El análisis sensorial del producto de calostro fermentado reveló que las puntuaciones con respecto a los atributos sensoriales como apariencia, sabor, textura, consistencia y aceptabilidad general mostraron una tendencia decreciente a medida que la proporción de leche entera aumentó desde el control con una proporción de 100:0 de calostro y leche a la proporción 50:50. Las muestras de producto preparadas a partir de calostro mostraron puntuaciones medias más altas para todas las características sensoriales, mientras que las puntuaciones medias fueron obtenidas por el producto preparado a partir de proporciones iguales de calostro y leche entera.

Mouton *et al.* (2015) evaluó el impacto de diversas cantidades de calostro en las características y atributos del helado. La incorporación de calostro aumentó los recuentos aeróbicos (3,0 UFC/g), la viscosidad aparente (250 centipoise), pero disminuyó la fusión (30 ml), lo que resultó en derretimiento más lento de los helados y no influyó en el sabor. Se puede recomendar el uso de calostro en helado.

Barahona (2018) realizó un análisis acerca de la inclusión de productos con base en calostro en el mercado. En su estudio denota un análisis financiero y de aceptabilidad de los productos, los cuales ya se encuentran en mercados internacionales, especialmente en pastillas y polvo, los cuales son fuentes de proteína animal. La accesibilidad a estos productos es limitada, motivo por el cual se analizó la viabilidad de producir y comercializar un alimento con base en calostro para niños de 2 a 7 años.

2.5 El calostro en la salud humana

Si hacemos referencia a los beneficios del calostro en la salud humana, los estudios que han corroborado este hecho son muchísimos. En esta sección documentamos varios estudios acerca de este hecho.

Civra *et al.* (2019) en su estudio indica que los efectos protectores del calostro están bien documentados en la literatura. En particular, se ha propuesto la ingestión de calostro bovino hiperinmune como un enfoque preventivo alternativo contra la gastroenteritis por rotavirus humano. Las muestras frescas de calostro fueron suministradas por Advances in Medicine, se recolectó de vacas lecheras Holstein gestantes vacunadas y no vacunadas. La intención es mantener una tasa máxima de anticuerpos en las secreciones de calostro contra *Escherichia coli*, rotavirus y coronavirus, que están implicados en el desarrollo de neonato.

Alsayed (2020) indica que el calostro bovino fue exitoso en la prevención de infecciones del tracto respiratorio superior, y además afectó significativamente el microbioma del hisopo nasal. El uso potencial del calostro como inmunoterapéutico se corroboró en pacientes que fueron administrados con calostro bovino, lo que sugiere una posible reducción de la carga viral y los síntomas. La suplementación de calostro bovino también disminuyó casos de gripe y recalcó que la administración de calostro en general podría ser más eficiente que las vacunas contra el virus de la influenza.

En otro estudio desarrollado en el 2019 (Eslamian *et al.*, 2019) se suministró a 32 pacientes una suplementación con base en calostro, obteniendo resultados favorables, con una disminución significativa en la concentración de endotoxina. Además, los niveles plasmáticos de zonulina se redujeron significativamente en el grupo de pacientes a los que les fue suministrado calostro. Estos resultados proporcionan evidencia de que la suplementación con calostro puede tener efectos beneficiosos sobre la permeabilidad intestinal y las complicaciones gastrointestinales.

Buttar *et al.* (2017) realizó un amplio estudio acerca de los beneficios del calostro bovino e involucró varias funciones fisiológicas y protectoras, demostrando los factores antimicrobianos presentes en el calostro, los cuales promueven el crecimiento de los tejidos y la maduración del tracto digestivo y otros órganos en mamíferos neonatales y humanos. Además, la lactoferrina de la leche y el calostro regula la absorción de hierro del intestino. También tiene aplicaciones prometedoras para ser una sustancia natural contra el cáncer. A diferencia de la leche, el calostro contiene una menor cantidad de lactosa y, por lo tanto, puede ser adecuada para pacientes que padecen intolerancia a la lactosa. Los suplementos son indicativos de perspectivas futuras para ayudar a curar enfermedades como el sida, trastornos cardiovasculares, diabetes,

el síndrome del intestino permeable, enfermedades infecciosas, cicatrización de heridas y ciertos cánceres. Las inmunoglobulinas presentes en el calostro tienen el potencial de mejorar la función inmunológica y el bienestar de personas y pacientes sanos. La ingesta de productos de calostro puede ser útil para estimular la función de la glándula del timo y, en consecuencia, mitigar la hipersensibilidad y trastornos autoinmunes.

Es así como el calostro es un recurso que sí puede ser utilizado en la elaboración de productos lácteos y mejorar la salud humana. La calidad depende de varios aspectos, como factores a los que se encuentra expuesto el animal directamente. Por otro lado, se demostró que su composición no afecta en la composición de productos que integren el calostro. Además, se aprovecha que posee innumerables beneficios para la salud.

Los suplementos del calostro se promueven para la prevención y el tratamiento de trastornos neurológicos (demencia, cognición, enfermedad de Parkinson y enfermedad de Alzheimer), enfermedades cardiovasculares, problemas de alergia y relacionados con la inmunidad, trastornos de la piel, enfermedad inflamatoria intestinal, simbiosis microbiana intestinal, diabetes y mejor rendimiento atlético; las vitaminas de tipo B, los oligosacáridos, las inmunoglobulinas, los factores de crecimiento y el papel de la lactoferrina y la lactoalbúmina en la terapia del cáncer.

Los componentes bioactivos producidos naturalmente y las inmunoglobulinas sientan las bases de una inmunidad de por vida, mientras que los otros componentes del calostro promueven el crecimiento y la maduración del tracto gastrointestinal, así como promueven la diferenciación de las células madre de la médula ósea, aumentan la masa muscular magra y disminuyen la grasa corporal nivel. El calostro es rico en lactoferrina de unión a hierro versátil que tiene fuertes propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antimicrobianas (Mehra *et al.*, 2020).

Conclusiones

El calostro es un producto que cuenta con una cantidad amplia de componentes nutritivos e inmunológicos, con actividades bioactivas que promueven la salud del consumidor. Se considera un alimento funcional y se ha demostrado ampliamente los beneficios que aporta a la salud.

El calostro es cada vez más utilizado en la industria y no solo un desperdicio de la ganadería, creando subproductos con un valor agregado. Sin embargo, la cantidad de calostro y su composición se ven afectados por muchos factores intrínsecos y extrínsecos al animal, motivo por el cual existe una necesidad de investigar aquellos procesos agroindustriales que permitan su aprovechamiento íntegro, fraccionado o como ingrediente funcional en combinación con otros productos.

En la industria láctea internacional la utilización del calostro bovino denotó un cambio significativo de residuo de ganadería a materia prima y, actualmente, se encuentra presente en algunos productos lácteos adicionado en diferentes cantidades para evitar alterar las características organolépticas y otorgar valor nutritivo. De esta manera se convierte en un aporte en la innovación de la tecnología de alimentos.

Referencias bibliográficas

- Alsayed, A., Al-Doori, A., Al-Dulaimi, A., Alnaseri, A., Abuhashish, J., Aliasin, K., & Alfayoumi, I. (2020). Influences of bovine colostrum on nasal swab microbiome and viral upper respiratory tract infections—A case report. *Respiratory Medicine Case Reports*. Vol. 31:101–189. Doi: 10.1016/j.rmcr.2020.101189.
- Altomare, A., Regazzoni, L., Parra, X. M. P., Selmin, F., Rumio, C., Carini, M., & Aldini, G. (2016). Set-up and application of an analytical approach for the quality control of purified colostrum as food supplement. *Journal of Chromatography B*. 1028:130–144. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.06.013>
- Anamika, D. & Raman, S. (2017). Chemical compositional analysis and physical attributes of curd fortified with bovine colostrum whey powder. *International Journal of Chemical Studies*. Vol. 5 (1):334–338.
- Azza, S., Abdel-Ghany, & Zak, D. (2018). Production of Novel Functional Yoghurt Fortified with Bovine Colostrum and Date Syrup for Children. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. Vol. 39:651–662. DOI: 10.21608/asejaiqjsae.2018.20475
- Bagwe, S., Tharappel, L. J., Kaur, G., & Buttar, H. S. (2015). Bovine colostrum: an emerging nutraceutical. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. Vol. 12 (3):175–185 DOI: <https://doi.org/10.1515/jcim-2014-0039>
- Barahona, G. (2018). Producción Alimentaria Suplementos Alimentarios Calostro. Tesis de pregrado Universidad de las Américas. Repositorio Universidad de las Américas. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10155>
- Borchardt Sutter, F., S. Schuenemann G. M, Rauch, E., Erhard, M., & Heuwieser, W. (2019). Evaluation of 2 different treatment

- procedures after calving to improve harvesting of high-quantity and high-quality colostrum. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102:9370–9381. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16524>.
- Borelli, E., Jonsson, N. N., & Denholm, K. S. (2022). Associations between putative risk factors and poor colostrum yield in Holstein Friesian cattle. *Research in Veterinary Science*. Vol. 149:74–81.
- Buttar, H. S., Bagwe, S. M., Bhullar, S. K., & Kaur, G. (2017). Health benefits of bovine colostrum in children and adults. In *Dairy in human health and disease across the lifespan*. Pág. 3–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809868-4.00001-7>
- Civra, A., Altomare, A., Francese R., Donalisio, M., Giancarlo, A., & Lembo, D. (2019). Colostrum from cows immunized with a veterinary vaccine against bovine rotavirus displays enhanced in vitro anti-human rotavirus activity. *Journal of Dairy Science*. Vol. 102 (6):4857–4869. DOI:10.3168/jds.2018-16016
- El-Loly, M.M. (2022) Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits - an overview. *Clinical Nutrition Open Science*. Vol. 44:126–143. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2022.07.001>.
- Eslamian, G., Ardehali, S. H., Baghestani, A. R., & Vahdat Shariatpanahi, Z. (2019). Effects of early enteral bovine colostrum supplementation on intestinal permeability in critically ill patients: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Nutrition*. Vol. 60:106–111. DOI: 10.1016/j.nut.2018.10.013.
- FAO. (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Federación Internacional de la Leche. Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Directrices FAO: Producción y Sanidad Animal N.º 8. Roma.
- FAOSTAT (2022). FAOSTAT database. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organ. UN.

- Herbut, P., Angrecka, S., Godyń, D., & Hoffmann, G. (2019). The physiological and productivity effects of heat stress in cattle-A review. *Annals of Animal Science*. Vol 19:579–93. <https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0011>.
- Hernández-Castellano, L., Almeida, A., Castro, N., & Arguello, A. (2014). The Colostrum Proteome, Ruminant Nutrition and Immunity: A Review. *Current Protein & Peptide Science*. Vol 15 (1):15–64. <https://doi.org/10.2174/1389203715666140221124622>
- Jiménez-Flores, R., Ye, A., & Singh, H. (2005). Interactions of whey proteins during heat treatment of oil-in-water emulsions formed with whey protein isolate and hydroxylated lecithin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 53(10):4213–4219. <https://doi.org/10.1021/jf0480039>
- Klusmeyer, T. H., A. C. Fitzgerald, A. C. Fabellar, J. M. Ballam, R. A. Cady, & J. L. Vicini. (2009). Effect of recombinant bovine somatotropin and a shortened or no dry period on the performance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 92:5503–5511. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2390>.
- Kovacs, D., Maresca, V., Flori, E., Mastrofrancesco, A., Picardo, M., & Cardinali, G. (2020). Bovine colostrum induces the differentiation of human primary keratinocytes. *FASEB Journal*, official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology. Vol. 3(4):6302-6321. DOI: 10.1096/fj.201900103RRR
- Leyva-Corona, J. C., Armenta-Castelo, D., Zamorano-Algandar, R., Thomas, M., Rincon, G., Medrano, F., Rivera-Acuña, F., Reyna-Granados, J., y Luna-Nevárez, P. (2015). Variables climáticas asociadas a la producción de leche en vacas Holstein criadas bajo condiciones de estrés por calor del Valle del Yaqui, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. Vol. 11:1–11.

- Mehra Raul Rajat Singh, Naveen Kumar, Shiv Kumar. (2020). Composition, Properties, and Health Attributes of Bovine Colostrum. In Conference Food Safety, Nutritional Security and Sustainability. DOI:10.1016/j.fbio.2021.100907
- Mouton, E., & Aryana, K. J. (2015). Influence of colostrum on the characteristics of ice cream. Food and Nutrition Sciences. Vol. 6:480–483. DOI: 10.4236/fns.2015.65049
- Nazir, T., Pal, M. A., & Manzoor, A. (2018). Effect of mixing varying levels of whole milk to the colostrum on the sensory quality of fermented colostrum product. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 7:156–161. DOI: http://www.ijarse.com/images/fullpdf/1522816580_JK1063ijarse.pdf
- Pérez Mata, M. G. (2014). Cambios en propiedades funcionales de queso tipo mozzarella elaborado con leche tratada por termosonicación. Tesis de Máster de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/7061>
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., & Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. Animals. Vol. 9:1070. DOI: 10.3390/ani9121070.
- Rathe, M., Müller, K., Sangild, P. T., & Husby, S. (2014). Clinical applications of bovine colostrum therapy: a systematic review. Nutrition Reviews. Vol. 72(4):237–254. <https://doi.org/10.1111/nure.12089>
- Reyes-Portillo, K. A., Soto-Simental, S., Hernández-Sánchez, H., Quintero-Lira, A., & Piloni-Martini, J. (2020). Alimentos funcionales a partir de calostro bovino. Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP. Vol. 6(12):9–11. <https://doi.org/10.29057/icap.v6i12.59242020>

- Sacerdote, P., Mussano, F., Franchi, S., Panerai, A.E., Bussolati, G., Carossa, S., Bartorelli, A., & Bussolati, B. (2013). Biological components in a standardized derivative of bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96:1745–1754. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5928>
- Salazar-Acosta, E., & Elizondo-Salazar, J. A. (2018). Heat treatment of colostrum increases immunoglobulin absorption in Holstein heifer calves. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 30(1):229–238. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43757673015>
- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-delaNuez, A., & Argüello, A. (2014). From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *Journal of Dairy Science*. Volumen 97, 10-16. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6811>
- Sanket, G., Borad, Ashish K., Singh. (2018). Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *International Dairy Journal*. Vol. 85:201–210. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.05.016
- Silva E.G.S.O., Rangel, A.H.N., Murmam, L., Bezerra, M.F., & de Oliveira, J.P.F. (2019). Bovine colostrum: Benefits of its use in human food. *Food Science and Technology*. Vol. 39(2):355–62. <https://doi.org/10.1590/fst.14619>
- Sotudeh, S.H., Rabbani Khorasgani, M., Etemadifar, Z., & Zarkesh-Esfahani S.H. (2018). Effects of Spray-Drying, Freeze-Drying and Pasteurization on Microbiological Quality and IgG Level of Bovine Colostrum. *Journal of Food Quality and Hazards Control*. Vol 5:54–60. DOI: 10.29252/jfqhc.5.2.5
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of dairy science*. Vol. 90(11):5012–5017.

Yurchenko, S., Sats, A., Poikalainen, V., & Karus, A. (2016). Method for determination of fatty acids in bovine colostrum using GC-FID. *Food Chemistry*. Vol. 212:117–122. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.103

CAPÍTULO

III

USO DE PROBIÓTICA EN LOS ANIMALES RUMIANTES, Y SU EFECTO SOBRE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS Y LA SALUD

José E. Miranda-Yuquilema
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería
Agroindustrial, Grupo de Investigación PROANIN.
josee.miranda@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-4817-5777>

Marcos Barros-Rodríguez
Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de
Medicina Veterinaria.

Luis Ayala-Guanga
Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Medicina
Veterinaria
luis.ayala@ucuenca.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-6543-7594>

Aracely B. Saldaña-Muñoz
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera Ingeniería
Agroindustrial, Grupo de Investigación PROANIN
aracely.saldana@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0000-0059-1240>

Resumen

El uso de los productos con capacidad probiótica tiene la capacidad de modular el equilibrio y las actividades de la microbiota gastrointestinal, por lo tanto, son considerados como beneficiosos para el huésped y son utilizados como alimentos funcionales. Numerosos estudios demuestran los factores que afectan notablemente en la estructura y las actividades de la microbiota intestinal en los bovinos, pero los factores de mayor relevancia son las restricciones alimentarias y el manejo. Otros estudios reportaron el potencial de los probióticos y prebióticos en la nutrición animal; sin embargo, su eficacia a menudo varía y son inconsistentes, posiblemente por la dinámica de la microbiota del tracto digestivo. Por otro lado, en condiciones de estrés, se puede utilizar microorganismos eficientes en la alimentación directa para reducir la ocurrencia de la diarrea provocada por los agentes patógenos a nivel del intestino. Los efectos positivos observados con la inclusión de los probióticos es mejorar la salud intestinal y los parámetros productivos de los terneros, y de forma general mantiene la microbiota natural estable. El uso de cepas de levaduras con acción probiótica es capaz de mejorar la eficiencia de la fermentación del rumen mediante la modulación de las vías de fermentación microbiana. En esta revisión se centró principalmente en los beneficios de los probióticos en la microbiota natural del tracto digestivo en los rumiantes, y a su vez está profundamente involucrado en la nutrición y la salud de los animales.

Palabras clave: bovino, levaduras, cabras, salud intestinal, producción

3.1 Introducción

Con el rápido aumento de la demanda de productos alimenticios sobre todo la proteína de origen animal en todo el mundo, mejorar la productividad ganadera para satisfacer la creciente demanda se ha vuelto importante para los productores de ganado bovino en todos los sistemas productivos (De Ondarza *et al.*, 2010).

Para dar la solución a lo anterior, en la actualidad los aditivos alimentarios han sido productos alternativos capaces de proporcionar de forma segura y saludable la mejora en la productividad, la salud y el bienestar general de los animales. En la última década, la atención de los investigadores ha centrado en los probióticos, prebióticos, simbióticos e inmunomoduladores como alternativas a los antibióticos en la industria ganadera para mejorar la salud y la producción (Lambo *et al.*, 2021). Diversos estudios (Cagle *et al.*, 2020; Finck *et al.*, 2014) demuestran los efectos positivos del uso de productos con acción probiótica, los mismos han cumplido notablemente las expectativas de los productores.

Apesar de incluir microorganismos benéficos con acción probiótica como tratamiento terapéutico a menudo se usan indistintamente con microbioma de alimentación. Los microorganismos eficientes con acción probiótica son como aditivos alimentarios que ejercen efectos ventajosos al modular la ecología microbiana intestinal del huésped administrado (Liou *et al.*, 2009; Thompson *et al.*, 2016). Pero en el 2002, la FAO los definió como “microorganismos vivos que brindan ventajas para la salud del huésped cuando se administran en dosis apropiadas”, sin embargo, la Asociación Científica Internacional en el 2013 actualizó dicha definición como “microbios vivos de origen estrictamente microorganismos seleccionados que, cuando se administran en cantidad adecuada, confieren un beneficio para la salud del huésped” (Uyeno *et al.*, 2015).

Los microorganismos probióticos son descritos como no tóxicos, no patógenos y generalmente reconocidos como seguros; los microorganismos vivos empleados para la obtención de productos probióticos son: *Leucaena leucocephala*, *Bacillus megaterium*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus spp*, *Pichia kudriavzevii*, *Candida rugosa*, *Candida pararugosa*, *Candida ethanolica*, *Magnusiomyces capitatus*, *Enterococcus faecium*, *Aspergillus terreus*, *Rhizomucor spp.*, entre otras especies microbianas (Chiofalo *et al.*, 2004; Galina *et al.*, 2009).

Diversos estudios (Maragk *et al.*, 2010; Sotillo *et al.*, 2009) recomiendan uso de cepas combinadas para la obtención de probiótica, ya que se presume que esta estrategia influye mucho en la nutrición animal mediante la creación de un equilibrio favorable para el metabolismo intestinal, bienestar animal, y la viabilidad en comparación con los cultivos de una sola cepa. Por ello es necesario realizar una revisión que proporcione información actualizada y relevante que facilite la toma de decisiones para su utilización.

3.2 Métodos

En el presente estudio se realizó una revisión sistemática y metaanalítica (PRISMA) según los datos requeridos (Page *et al.*, 2021). La búsqueda de información se realizó principalmente en cuatro bases de datos electrónicas (ScienceDirect, PubMed, Scopus y Google Scholar); para la obtención de información se utilizaron palabras clave: (1) “Probiótico * prebióticos * simbióticos” Y (2) “ovinos* OR animales domesticos OR “salud animal”” Y (3) “terneros* O bovinos O mecanismos de acción”: (3) “bovinos * O vacas”. A continuación, se revisó de forma manual en busca de artículos adicionales que se perdieron en la estrategia de búsqueda. Finalmente se evaluó la elegibilidad de los artículos según los criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de selección

En el presente estudio solamente se incluyeron solo la información de tipo primario (artículos de investigación, tesis doctorales, tesis de maestría entre otros).

Los criterios de inclusión fueron: a) indicadores productivos, salud animal; b) empleo de microorganismos eficientes con acción probióticos (BAL y levaduras) en los animales; c) salud intestinal, cambios de la microbiota natural, efectos positivos de los probióticos y mecanismos de acción. Los criterios de exclusión fueron: a) toda información que no sea primaria (revisiones, comentarios, notas editoriales o capítulos de libros); b) organismos modelo enfermos distintos de los inducidos por el tratamiento; c) grupos de tratamiento en los que los probióticos se combinaron simultáneamente con otra intervención.

Valoración del riesgo de sesgo y de la calidad

Todos los documentos seleccionados y obtenidos fueron evaluados de forma independiente la calidad del estudio. La calidad se evaluó mediante la herramienta de riesgo de sesgo (RiS) de SYRCLE para estudios con diferentes especies de animales (Hooijmans et al., 2014), ya que todos los artículos incluidos informaron sobre estudios en los animales de interés zootécnico.

3.3 Resultados y discusión

Métodos de la inclusión de probióticos

Los productos con acción probiótica tienen varias formas de presentación; sin embargo, la eficacia depende de varios factores, pero principalmente si son mono o multicepa (Ortiz et al., 2009). El

nuevo enfoque en la actualidad está relacionado con la inclusión de probióticos obtenidos a partir de cepas de microorganismos eficientes combinados ya sea bacteria–bacteria, levaduras–levaduras o bacterias–levaduras, para diferentes especies de animales (Zhi *et al.*, 2021; Rivera *et al.*, 2019).

Se presume que el uso de probióticos fermentados con multicepas es una estrategia que puede influir de forma directa en la nutrición animal, debido a que ayuda a mejorar la salud del huésped, asimismo, crea equilibrio microbiano en el tracto digestivo y ayuda al metabolismo intestinal; además mejora los rendimientos productivos (Goetsch, 2016; Lambo *et al.*, 2021).

Los bioproductos con capacidad probiótica se pueden administrar por diferentes vías y formar, pero la más común en la mayoría de las especies de animales es la oral (Figura 3.1).



Figura 3.1. Diagrama que resume las rutas comunes de administración de probióticos en el ganado. Microorganismos eficientes con capacidad probiótica utilizados en los rumiantes.

La mayoría de los microorganismos benéficos utilizados para la obtención de productos probióticos son bacterias acidolácticas, los bacteriófagos, las microalgas y algunas cepas de las levaduras (Liou *et al.*, 2009). A pesar de existir un sin número de cepas microbianas con potencial probiótico, las cepas de género *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Ruminococcus*, *Bifidobacteria* entre otros, siguen dominando como los microorganismos eficientes con capacidad de mayor uso en el ganado bovino en la actualidad (Rossow *et al.*, 2014; Posada *et al.*, 2017). Mientras que los organismos no bacterianos ni típicos de los conocidos como los probióticos se destacan las especies de género, *Saccharomyces* (*S. cerevisiae* y *S. boulardii*), *Candida pintolopesii* y *Aspergillus oryzae* (Posada *et al.*, 2017; Molino 2019). Sin embargo, en actualidad existen varios productos probióticos disponibles de forma comercial obtenidos a partir de fermentos con mono y multicepas (Chiofalo *et al.*, 2004).

Estudios recientes reportan la inclusión de microorganismos probióticos inactivados, describiéndolos como “bacterias vivas o muertas, o componentes de bacterias (como las paredes celulares) que funcionan bajo múltiples modos de acción, confiriendo efectos positivos al animal administrado o a su entorno” (Galena *et al.*, 2009; Zhi *et al.*, 2021).

Para registrar una cepa con capacidad probiótica se debe cumplir con ciertas regulaciones, primero hay que asegurar y documentar los criterios específicos, como es su capacidad de sobrevivir y conservarse en el ambiente del tracto digestivo durante el paso (Cano *et al.*, 2016), no ser patógenos ni tóxicos, no producir efectos secundarios indeseables, estabilidad, poseer el potencial de producir a gran escala y contar con efectos clínicos beneficiosos en los animales administrados (Hadjipanayiotou *et al.*, 1997; Maragk *et al.*, 2010). Además, los posibles microorganismos candidatos

a probióticos deben ser capaces de modificar los parámetros fisiológicos específicos a nivel del sistema inmunitario, atenuar patógenos, tratar y prevenir infecciones, inflamaciones y enfermedades, al mismo tiempo deben actuar como los controladores biológicos para evitar el deterioro de la viabilidad (Ortiz *et al.*, 2009; Zhi *et al.*, 2021).

Por otro lado, Chiofalo *et al.* (2004) y Sotillo *et al.* (2009) mencionan que las cepas microbianas con acción probiótica deben presentar un recuento viable apropiado al final de la vida útil y evidencia establecida de beneficios para la salud del consumidor. Pero lo más importante de estos productos es la seguridad “seguros para el uso previsto”. Según la normativa de la nomenclatura bacteriana actual se debe usar el “Código Internacional de Nomenclatura” para nombrar o clasificar nuevas cepas de probióticos (Majeed *et al.*, 2019).

Aunque los probióticos en la actualidad son considerados como posibles reemplazadores de los antibióticos promotores del crecimiento, su modo de acción parece ser diferente (Molina, 2019). Debido a los impactos específicos de la especie microbiana y también pueden depender de la condición fisiológica e inmunológica del animal administrado. Los productos probióticos ejercen diversos beneficios a la salud, según los mecanismos que aún no se conocen por completo, pero se presume que están estrechamente relacionadas con las actividades a nivel de la luz y la pared gastrointestinal (Uyeno *et al.*, 2015; Posada *et al.*, 2017).

La principal función de estos productos depende de la capacidad de producir y ejercer efectos benéficos para el hospedador, mediante la producción de varias sustancias antibacterianas y bacteriostáticas, como son los ácidos orgánicos de cadena corta, bacteriocinas, diacetilo, antibióticos y peróxido de hidrógeno entre otros (Thompson *et al.*, 2016; Lambo *et al.*, 2021).

Lo anterior se realiza a través de tres vías principales: a) exclusión competitiva, b) antagonismo bacteriano y c) estimulación del sistema inmunológico. El efecto antagónico, los probióticos pueden obstaculizar el crecimiento de bacterias nocivas al alterar el microbioma intestinal; por otro lado, puede reducir la propagación de patógenos y su emisión durante la infección, disminuye la permeabilidad intestinal, mejora los síntomas clínicos en el ganado, aumentan la inmunidad y mejorar la salud y la resistencia a las enfermedades (Finck *et al.*, 2014; Goetsch, 2016).

Por otro lado, ayudan a la reducción de patógenos transmitidos por *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Clostridium*, *Staphylococcus aureus* y *perfringens* presentes en los alimentos (Rivera *et al.*, 2019), además ayuda a mejorar la digestión intestinal y la absorción de nutrientes; así mismo, apoyan un estado microecológico saludable. Incluso puede ayudar a la reducir de la contaminación por la acumulación de productos químicos nocivos y reduce las emisiones de amoníaco en las heces de los animales (Klevenhusen *et al.*, 2011; Mickdam *et al.*, 2016).

Estructura de la microbiota gastrointestinal en los rumiantes

El tracto digestivo de un ternero recién nacido es estéril y la colonización del tracto gastrointestinal comienza inmediatamente después del nacimiento. Los mismos se establecen en el intestino grueso un ecosistema microbiano complejo y dinámico con altas densidades de bacterias vivas a medida que los animales crecen hasta la madurez (Bernard, 2015; Cagle *et al.*, 2020).

Estudios revelan que la comunidad bacteriana a nivel intestinal de los terneros sufren cambios dinámicos durante las primeras 12 semanas de edad (Rivera *et al.*, 2019), la microbiota natural que está presente en los animales neonatos son algunas bacterias

probióticas, lo cual disminuye el número de unidades formadoras de colonias a medida que el animal envejece (Finck *et al.*, 2014).

En el muestreo de heces realizado en los animales destetados se presentó un grupo de bacterias ruminales no cultivadas, así como *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter* (Lombo *et al.*, 2021). Los cambios de la microbiota del tracto digestivo en los terneros jóvenes están dados según el desarrollo metabólico y fisiológico (Liou *et al.*, 2009). Sin embargo, la microbiota intestinal inmadura y fluctuante enfrenta a un cambio abrupto en la dieta, lo que conduce a un aumento en la susceptibilidad de los animales jóvenes a la colonización de patógenos y la posterior presencia de diarreas y enfermedad respiratorias (Rossow *et al.*, 2014 Thompson *et al.*, 2016).

Las comunidades microbianas de tracto digestivo están involucradas en la digestión y fermentación de polímeros vegetales, lo cual es de particular importancia en los rumiantes adultos. La mayoría de rumiantes adultos alberga una amplia comunidad de microorganismos con diversos microbios anaeróbicos en el rumen, que forma una estructura de diferentes especies aeróbicos para la digestión de la fibra (Rossow *et al.*, 2014; Liou *et al.*, 2021).

Estos microorganismos interactúan entre sí y participan en la digestión sistemática del material vegetal fibroso, que fermentan anaeróbicamente para obtener energía para el huésped (Thompson *et al.*, 2016; Posadas *et al.*, 2017). Numerosos factores, como las restricciones dietéticas y de manejo, pueden afectar fuertemente la estructura y las actividades de estas comunidades microbianas, lo que a veces conduce a problemas de salud y rendimiento en los bovinos (Uyeno *et al.*, 2015).

Los cambios en la comunidad microbiana están asociados con acidosis ruminal subaguda en ganado lechero lactante, sin embargo, el sistema de fermentación eficiente en el rumen de

las vacas lecheras es el principal responsable de la conversión y acumulación de energía, mientras que la microbiota colonial contribuye principalmente a la recolección de energía (Molina, 2019). Lo anterior implica la importancia de controlar la fermentación microbiana del rumen, aunque la función del rumen no está directamente relacionada con el depósito de la grasa corporal.

Aplicaciones actuales de los probióticos en los animales rumiantes

En los animales jóvenes los probióticos obtenidos a partir bacterias acidolácticas, especies de *Bacillus*, generalmente se dirigen al intestino grueso y representan un medio interesante para estabilizar el microbiota intestinal y disminuir el riesgo de colonización por patógenos. Diversos estudios respaldan los efectos beneficiosos de los productos con capacidad probiótica en el equilibrio de la microbiota del tracto digestivo, la nutrición y la salud animal (Molina, 2019).

La diarrea es la principal causa de morbilidad y mortalidad en los terneros durante sus primeros años de vida (Chiofalo et al., 2004); por lo tanto, su prevención es importante para promover el crecimiento de los terneros (Majeed *et al.*, 2019). Hasta los finales del siglo pasado en la producción animal el uso de los antibióticos para mantener el rendimiento productivo en los terneros y reducir las diarreas. Sin embargo, debido a las crecientes preocupaciones de seguridad con respecto a los riesgos de resistencia a los antibióticos debido a la liberación de antibióticos en el medio ambiente y la persistencia de residuos químicos en los productos finales de origen animal (carne, leche, huevos, entre otros), se han desarrollado aditivos probióticos como alternativas para mejorar la salud y la productividad animal (Galina *et al.*, 2009; Zhi *et al.*,

2021). Aunque la administración de los probióticos de los animales se ha relacionado con la eficacia en grupos específicos (patógenos) en la microbiota intestinal (Molina, 2019), aún no está claro cómo interactúan con toda la comunidad intestinal.

La optimización de la flora entérica se considera efectiva para la crianza saludable de los terneros porque aumenta el número de microorganismos beneficiosos. El aporte de microorganismos incluidos en la dieta desde el nacimiento de forma preventiva permite la incorporación y establecimiento de estas cepas probióticas junto a la microbiota de los terneros (Galena *et al.*, 2009; Maragk *et al.*, 2010).

Efectos de la suplementación de probióticos/prebióticos en el desempeño de novillas, vacas lactantes y ganado de carne

Los probióticos para rumiantes adultos se han seleccionado principalmente para mejorar la digestión de la fibra por parte de los microorganismos del rumen. Los productos probióticos tienen efectos positivos en varios procesos digestivos, especialmente en la celulólisis y la síntesis de proteínas microbianas. Los probióticos bacterianos para rumiantes adultos, las bacterias productoras de lactato (*Enterococcus*, *Lactobacillus*), mantienen los ácidos lácticos en un nivel más constante que *Streptococcus bovis*, pueden representar un posible medio para limitar la acidosis en animales alimentados con el alto contenido de balanceados (Ortiz *et al.*, 2009), especialmente en el ganado de engorde.

Los efectos más consistentes luego de la adición de cultivos de levadura en la dieta incluyen una mejor productividad tanto en animales lactantes como en crecimiento. El modo de acción de los productos de levadura aún no se ha dilucidado en detalle, pero generalmente se considera que involucra cambios en las

tasas y patrones de fermentación a nivel del rumen (Sotillo *et al.*, 2009; Zhi *et al.*, 2021). Ciertas cepas de levadura seca activa son particularmente efectivas para elevar y estabilizar el pH ruminal al estimular ciertas poblaciones de protozoos ciliados, que engullen rápidamente el almidón y, por lo tanto, compiten efectivamente con las bacterias productoras de lactato amilolítico (Majeed *et al.*, 2019).

Varios estudios demuestran que un ambiente ruminal menos ácido beneficia el crecimiento y las actividades de degradación de la fibra de los microorganismos celulolíticos (Chiofalo *et al.*, 2004). Por otro lado, algunas especies de levaduras también tiene el potencial de alterar el proceso de fermentación en el rumen de una manera que reduce la formación de gas metano (Uyeno *et al.*, 2015). Otros estudios también demuestran que el uso de las especies de levaduras comerciales disminuye ligeramente el metano en el ganado de carne en la etapa de crecimiento (Molina, 2019).

Las células de la levadura de *S. cerevisiae* proporcionan efectos positivos en el crecimiento de la microbiota en el rumen, incluidos los ácidos orgánicos, los oligosacáridos, las vitaminas del complejo B y los aminoácidos, que estimulan el crecimiento microbiano en el rumen y, por lo tanto, estabilizan indirectamente el pH ruminal (Lambo *et al.*, 2021).

Otra función de la levadura en el rumen es la captación de oxígeno, lo que crea el ambiente más anaeróbico requerido por los microorganismos ruminales (Finck *et al.*, 2014). En este contexto, las levaduras en sí funcionan no solo como un probiótico, sino que también ayuda a otros miembros de la comunidad del rumen a desarrollar y, por lo tanto, actúa como un tipo de prebiótico (Goetsch, 2016).

Una evaluación de los efectos de la levadura en la microbiota reveló que algunos grupos bacterianos se vieron más afectados

que otros. La abundancia relativa de bacterias que utilizan lactato como *Megasphaera* y *Selenomonas*, así como de grupos fibrolíticos (*Fibrobacter* y *Ruminococcus*), aumentaron con la suplementación con levadura, lo que confirma mejoras en la actividad celulolítica como un supuesto modo de acción de las levaduras (Rivera *et al.*, 2019).

Varios estudios demuestran principales acciones de las levaduras en la producción de leche, la inclusión de las levaduras en la dieta del ganado lechero demuestran efectos positivos sobre el consumo, la producción de leche y las características de la fermentación del rumen (Klevenhusen *et al.*, 2011). Otros efectos positivos de la suplementación de las dietas con levadura fueron el aumento del pH ruminal y una disminución del ácido láctico con los aumentos de concentrado en la dieta y con el nivel de ingesta (de Ondarza *et al.*, 2010).

De manera controvertida, los efectos positivos de la suplementación con levadura sobre la digestibilidad de la materia orgánica aumentan el porcentaje de fibra en la dieta, lo que sugiere una mejora en la fermentación ruminal al suplementar dietas que contienen algunas cepas de levadura (Bernard, 2015; Cagle *et al.*, 2020).

En el ganado de carne, la estabilización del pH ruminal también puede ser eficaz cuando las dietas contienen productos altamente fermentables, lo cual aumenta el riesgo de acidosis. Otros estudios mencionan los efectos de los probióticos sobre los parámetros productivos (Mickdam *et al.*, 2016), mientras que en otros estudios se observaron poco o ningún efecto sobre los rendimientos productivos (Molina, 2019). Esta diferencia en el resultado puede atribuirse a una diferencia primaria en la composición microbiana del rumen, en la que las cepas de microorganismos tienen diferentes

niveles de tolerancias de pH. las bacterias fibrolíticas generalmente son menos tolerantes al pH que las bacterias sacarolíticas (Chiofalo *et al.*, 2004; Majeed *et al.*, 2019).

Aunque algunos estudios respaldan la eficacia de la suplementación con levadura; sin embargo, aún no se ha obtenido pruebas concluyentes que demuestren que la suplementación es beneficiosa en todo momento (Galina *et al.*, 2009). Pero cabe señalar que este potencial varía notablemente según los productos probióticos empleados (Zhi *et al.*, 2021). Los aumentos de rentabilidad son en general variables, especialmente si se tiene en cuenta el aumento de los costos de la alimentación de estos productos. Pero las diferencias pueden atribuirse al tipo y las cepas de levaduras utilizadas, así como a si las células están vivas o muertas (Hadjipanayiotou *et al.*, 1997). Además, en algunos productos comerciales, los datos disponibles se han generado bajo condiciones *in vitro* y en animales monogástricos o pequeños rumiantes, que no necesariamente corresponden a la producción real de leche y carne (Majeed *et al.*, 2019).

Uso de probióticos multicepa en rumiantes

Se estima que el tracto gastrointestinal de los rumiantes habita en más de 5000 especies de microorganismos (Lilly y Stillwell, 1965; Miranda *et al.*, 2018), y el rumen también es descrito como la “caja negra” de los rumiantes (Majeed *et al.*, 2019), debido a que tiene una población más diversificada de bacterias anaerobias, hongos, arqueas, protozoos y virus (Molina, 2019). Varios problemas de salud podrían derivarse de un microbioma intestinal poco saludable o desequilibrado.

En la actualidad, diversas investigaciones tienen varios enfoques para mejorar la microbiota del tracto digestivo de los rumiantes,

principalmente en el rumen. Varios estudios han demostrado que los probióticos pueden ayudar a aumentar la calidad de la leche, mejorar el rendimiento productivo, aumentar ganancia de peso vivo, mejorar la eficiencia alimenticia y reducir las diarreas en los rumiantes (Liou *et al.*, 2009; Finck *et al.*, 2014; Rivera *et al.*, 2019).

Unprobiótico obtenido a partir de multiespecie de microorganismos a partir de *Bifidobacterium bifidum*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium* reduce los trastornos diarreicos y mortalidad (Klevenhusen *et al.*, 2011; Molina, 2019). Por otro, mejora la ganancia de peso en los terneros. Estudios realizados con búfalos suplementados con un probiótico multicepa que contiene seis cepas bacterianas (*Streptococcus faecium*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *L. bulgaricus*, *L. reuteri*, *L. lactis*) y dos cepas de levadura (*Aspergillus oryzae*, *S. cerevisiae*) no mejoraron con respecto a la puntuación de condición corporal y el consumo de materia seca, pero tuvieron una mayor producción de leche y una tasa de conversión alimenticia reducida (De Ondarza *et al.*, 2010; Mickdam *et al.*, 2016).

El mecanismo de acción por el cual ejercen la función probiótica consiste en producir una concentración de lactato baja y estable en el rumen, lo que resulta en un medio de pH bajo adecuado para la actividad de *S. cerevisiae*, que suele amplificar la población de bacterias del rumen y compete contra las bacterias que utilizan almidón. Debido a la potencialidad de la levadura para regular el pH y eliminar el oxígeno, limitan la acumulación de lactato, creando un hábitat más propicio para la actividad celulolítica de las bacterias (Cagle *et al.*, 2020; Lambo *et al.*, 2021).

Otros estudios realizados con las vacas que consumían probióticos en pastos tratados con estos bioproductos, mejoraron los

parámetros productivos, en consecuencia, aumentaron el volumen de leche producido, con una mayor cantidad de proteína láctea y con tendencia a producir más grasa láctea (Rossow *et al.*, 2014). De manera similar ocurrió con las vacas lecheras que fueron alimentadas directamente con pastos de potreros tratados con la misma mezcla de probióticos, el grupo de tratamiento aún produjo más leche y un mayor contenido de proteínas en la leche que el grupo de control (Thompson *et al.*, 2016).

El uso de probióticos obtenidos a partir de bacterias ácido láctico que contenía *L. sakei*, *P. acidilactici* FUA3138 y *P. acidilactici* FUA3140 administrado por vía intravaginal en las vacas lecheras ayudó a mejorar el proceso de parto (Majeed *et al.*, 2019). Además, los resultados revelaron niveles más bajos de ácidos grasos no esterificados, colesterol más alto y niveles más altos de lactato, lo que indica que las concentraciones de metabolitos específicos en el suero sanguíneo de las vacas lecheras en transición se habían alterado. Un resumen de varias otras combinaciones utilizadas en bovinos, ovinos y caprinos de diferentes estados fisiológicos y edades se presentan en la Tabla 3.1.

Raza / sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos y la salud de los bovinos						
Machos y hembras	24 y 36 meses	LY; <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	LY (<i>S. cerevisiae</i> Sc47 CNCM I-4407, Actisaf, Phileo Lesaffre Animal Care, Mil waukee, WI, 1,1010 ufc/g)	LY1 (2,5 g/d), LY2 (5 g/d) y LY3 (10 g/d)	Reducción de producción de metano durante las dietas; menor producción total de gas durante las dietas GRW y TRANS, y una mayor degradación, pero el efecto no alcanzó significación en el estudio.	(Cagle <i>et al.</i> , 2020)
Holstein	24 meses	ProDairy®	Probiótico Donaghys	Mezcla en 1 o 2 tratamientos con CONT y 10 mL/d	La producción de leche tuvo un mejor rendimiento en proteínas y sólidos no grasos.	(Bernard, 2015)
Hembras	-	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCM I -1077.	(Levucell SC, Lallemand Animal Nutrition, Milwaukee, WI; <i>Saccharomyces cerevisiae</i> CNCM I-1077; 10 × 109 ufc/d)	Se utilizó CPM (Cornell, Penn, Miner) Dairy 3.0.8 para estimar los parámetros de nutrientes dietéticos.	Se obtuvo una mejor producción de leche, así como la grasa láctea y aumentó considerablemente la eficiencia alimenticia (FCM).	(de Oндarza <i>et al.</i> , 2010)
Novillos mestizos destetados	24-48 meses	Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Yeast cell wall	LY = levadura viva; YCW = pared celular de levadura.	LY, 1010 ufc/g; YCW, 5 g/d por animal.	Los suplementos de levadura aumentaron el CMS y podrían mejorar la salud del ganado durante el período de recepción	(Finck <i>et al.</i> , 2014)

Raza / sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos y la salud de los bovinos						
Hembras preparto	20 meses	Bacterias probióticas multicepa	<i>Acidophilus</i> L. <i>plantarum</i> B. <i>bifidum</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>A. oryzae</i> 1 x 10 ⁸ 9,8 x 10 ⁷ 2 x 10 ⁶ UFC/ g	Vía oral (3 g o 20 g/vaca/día mezclado con dieta)	Aumento de DMI, producción y composición de leche, albúmina sérica y globulina reducida durante el parto.	(Lambo <i>et al.</i> , 2021)
Hembras preparto	20 meses	Bacterias probióticas multicepa	<i>L. farraginis</i> L. <i>reuteri</i> <i>L. rhamnosus</i> 108 UFC / gMD	-	Aumento de la relación alimento: leche, DMI, producción de leche, % de grasa láctea y proteína. Mayor involución uterina y cervical postparto, y tasa de concepción	(Lambo <i>et al.</i> , 2021)
Hembras preparto	20 meses	Bacterias probióticas multicepa	<i>L. acidophilus</i> S. <i>cerevisiae</i> E. <i>faecium</i> A. <i>orizae</i> B. <i>subtilis</i> 50 ml/día	50 ml/día	Aumento del % de linfocitos Disminución de neutrófilos Genes de influencia asociados con la inmunidad y la homeostasis	(Lambo <i>et al.</i> , 2021)
Novillas Charolais	24 meses	Suplemento de levadura y bacteria	<i>S. cerevisiae</i> (cultivo de levadura XP original, Diamond V Mills Inc.) <i>Escherichia coli</i>	1010 UFC	El suplemento XP redujo la supervivencia de <i>E. coli</i> O157:H7 en el rumen y redujo la duración de la colonización bacteriana de la mucosa RAJ bovina	(Liou <i>et al.</i> , 2009)

Raza / sexo	Edad, d	Probiótico	Microorganismos utilizados	Dosis	Efectos	Autores
Indicadores productivos y la salud de los bovinos						
Hembras	Postparto	Levadura	Levadura y gránulo de mezcla a un TMR	YP a razón de 9mL/ vaca por día	Se necesita más investigación para determinar la influencia de otros factores en la respuesta de la leche al YP suplementado en el suministro de agua.	Rossow <i>et al.</i> , 2014
Novillos mestizos	24-48 meses	Levadura enriquecida (YCW) con vitamina D2	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Tasas de 0, 2,5, 5,0 y 10,0 g/ d por novillo	Niveles superiores a 10 g/d por novillo puede tener la capacidad de mejorar la ternura de la carne. Se deben realizar investigaciones posteriores para evaluar los efectos de vida	(Thompson <i>et al.</i> , 2016)
Novillos-Terberos	24-48 meses 6-12 meses	Levaduras Probiótico multicepa (MSPB o CSPB)	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Lactobacillus casei ssp. casei</i>	-	Una mejor productividad tanto en animales lactantes como en crecimiento.	(Uyeno <i>et al.</i> , 2015)

kg, kilogramo. **g**, gramo. **d**, días. **UFC**, unidades formadoras de colonia. **GPV**, ganancia de peso vivo. **CA**, conversión alimenticia. **a**, animal **mL**, mililitros. **BAL**, bacterias acidolácticas. **Lev**, levaduras. Elaborado por Miranda et al., 2022.

Conclusión

En el presente estudio se demostró que la composición microbiana del tracto digestivo en el ganado bovino se ve alterada por factores como la dieta, la edad y el estrés, en respuesta a la adaptación de la microbiota con el medio ambiente. Por lo tanto, la salud digestiva puede definirse como la capacidad de mantener un equilibrio del ecosistema. Pero en cambio la microbiota natural deseable puede atribuirse al efecto de los probióticos y prebióticos, más que al cambio autonómico. El celooligosacárido es un elemento que puede ser utilizada por las bacterias del rumen para mejorar su desarrollo y adaptabilidad de la microflora intestinal; también, puede ser utilizada como material funcione tanto en el rumen como en la parte inferior del intestino.

Aunque los estudios controlados demostraron que los probióticos y los prebióticos lograron un equilibrio positivo en la microbiota del tracto digestivo en los bovinos, la dinámica y las funciones de la comunidad microbiana del rumen deben ser examinados con más detalle, lo cual facilitará una visión más profunda de los efectos de las dietas con la inclusión de los probióticos y comprender mejor la funcionalidad de estos microorganismos en el equilibrio de la microbiota gastrointestinal.

Conflicto de intereses

Los autores se declaran que no existen ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Bernard, J. (2015). Milk yield and composition of lactating dairy cows fed diets supplemented with a probiotic extract. *The Professional Animal Scientist*, 31(4), 354-358.
- Cagle, C., Fonseca, M., Callaway, T., Runyan, C., Cravey, M., Tedeschi, C. (2020). Evaluation of the effects of live yeast on rumen parameters and in situ digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in beef cattle fed growing and finishing diets. *Applied Animal Science*, 36(1), 36-47.
- Cano, W., Carcelén, J., Fernando, C., Miguel, G., Quevedo, G., Alvarado, W., Arnaldo, S., Jiménez, A. (2016). Efecto de la suplementación con una mezcla probiótica sobre el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia Porcellus*) durante la fase de crecimiento y acabado. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(1), 51-58.
- Chiofalo, V., Liotta, L., Chiofalo, B. (2004). Effects of the administration of Lactobacilli on body growth and on the metabolic profile in growing Maltese goat kids. *Reprod Nutr Dev*. 44(5):449-457.
- De Ondarza, M., Sniffen, C., Dussert, L., Chevaux, E., Sullivan, J., Walker, E. (2010). CASE STUDY: Multiple-Study Analysis of the Effect of Live Yeast on Milk Yield, Milk Component Content and Yield, and Feed Efficiency. *The Professional Animal Scientist*, 26, 661-666.
- Finck, D., Ribeiro, F., Burdick, N., Parr, S., Carroll, J., Young, T., Bernhard, B., Corley, R., Estefan, A., Rathmann, R., Johnson, B. (2014). Yeast supplementation alters the performance and health status of receiving cattle. *The Professional Animal Scientist*. 30(3):333-341.

- Galina, M, Delgado, M., Ortiz, M., Pineda, L., Puga, D. (2009). Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con un probiótico de bacterias ácido-lácticas. *Pastos y Forrajes*. 32(4):1-9
- Goetsch, A. (2016). Current areas of research of feeding practices for lactating goats. *The Professional Animal Scientist* 32:725–735.
- Hadjipanayiotou, M., Antoniou, I., Photiou, A. (1997). Effects of the inclusion of yeast culture on the performance of dairy ewes and goats and the degradation of feedstuffs. *Livestock Production Science*. 48(2):129-134.
- Hooijmans, C., Rovers, M., de Vries, R., Leenaars, M., Ritskes-Hoitinga, M., Langendam, M. (2014). SYRCLE's risk of bias tool for animal studies. *BMC Med. Res. Methodol.* 14, 43.
- Klevenhusen, F., Meile, L., Kreuzer, M., Soliva, R. (2011). Effects of monolaurin on ruminal methanogens and selected bacterial species from cattle, as determined with the rumen simulation technique. *Anaerobe*. 17:232-238.
- Lambo, M., Chang, X., Liu, D. (2021) The Recent Trend in the Use of Multistrain Probiotics in Livestock Production: An Overview. *Animals (Basel)*. 11(10):2805
- Lilly DM, Stillwell RH. (1965) Growth promoting factor produced by microorganisms. *Science*. 147(3659):747-8.
- Liou, L., Sheng, H., Ferens, W., Schneider, C., Hristov, A., Yoon, I., Hovde, C. (2009). Reduced Carriage of *Escherichia coli* O157:H7 in Cattle Fed Yeast Culture Supplement. *The Professional Animal Scientist*. 25(5) 553–558.
- Majeed, M., Majeed, S., Nagabhushanam, K., Arumugam, S., Beede, K., Ali, F. (2019). Evaluation of probiotic *Bacillus coagulans* MTCC 5856 viability after tea and coffee brewing and its growth in GIT hostile environment. *Food Res. Int.* 121, 497–505.

- Maragkoudakis, P., Mountzouris, K., Rosu, C., Zoumpopoulou, G., Papadimitriou, K., Dalaka, E., Hadjipetrou, A., Theofanous, G., Strozzi, G., Carlini, N., Zervas, G., Tsakalidou, E. (2010). Feed supplementation of *Lactobacillus plantarum* PCA 236 modulates gut microbiota and milk fatty acid composition in dairy goats--a preliminary study. *Int J Food Microbiol.* 141(Suppl 1):S109-16.
- Mickdam, E., Khiaosa, R., Metzler, B., Klevenhusen, F., Chizzola, R., Zebeli, Q. (2016). Rumen microbial abundance and fermentation profile during severe subacute ruminal acidosis and its modulation by plant derived alkaloids in vitro, *Anaerobe* 39:4-13
- Miranda, J., Marín-Cárdenas, A., Lazo, L., Sánchez, D. (2018). Repercusión de bacterias lácticas y levaduras sobre el comportamiento productivo y salud de lechones. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 29(4): 1203-1212.
- Molina, A. (2019). Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana.* 30(2):601-611.
- Ortiz, M., Galina, M., Pineda, L. (2009). Effect of slow nitrogen intake supplementation with or without a lactic probiotic on Pelibuey lamb growth. *Options Méditerranéennes.* 85:309-314
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., et al., (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, 372, (71).
- Posadas, G., Broadway, R., Thornton, J., Carroll, J., Lawrence, J., Corley, J., Thompson, J., Donaldson, R. (2017). Yeast pro and paraprobiotics have the capability to bind pathogenic bacteria associated with animal disease. *Transl. Anim. Sci.* 1:60–68.

- Rivera, J., Johnson, J., Cravey, M. (2019). Effects of yeast and yeast cell wall on performance and health of newly received beef steers and heifers grazing bahiagrass pastures. *Applied Animal Science*. 35:339–346.
- Rossow, H., DeGroff, D., Parsons, H. (2014). Performance of dairy cows administered probiotic in water troughs. *The Professional Animal Scientist*. 30:527–533.
- Sotillo, M., Gutiérrez, P., Carrizosa D. (2009). Ensayos para la investigación: importancia del control lechero caprino (Tests for research: the importance of goat milk). *Rev. electrón. vet.* 10(3).
- Thompson, A., Ribeiro, F., Burson, W., Jennings, M., Hosford, A., Hergenreder, J., Corley, J., Johnson, B. (2016). Effect of vitamin D2 yeast cell wall supplementation on growth performance carcass characteristics and postmortem tenderness in feedlot steers finished with zilpaterol hydrochloride. *The Professional Animal Scientist*, 32(4):411–419.
- Uyeno, Y., Shigemori, S., Shimosato, T. (2015). Effect of Probiotics / Prebiotics on Cattle Health and Productivity. *Microbes and environments*. 30(2), 126–132.
- Zhi, M., Mingzhan, T., Shao, Liu. (2021). Growth, survival, and metabolic activities of probiotics *Lactobacillus rhamnosus* GG and *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* CNCM-I745 in fermented coffee brews. *International Journal of Food Microbiology*. 350. 109229.

CAPÍTULO

IV

PROTEÍNA LÁCTEA: USOS Y EFECTO SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y TECNOLÓGICA DEL QUESO FRESCO

Jennifer Catherine Romero Betancourt

*Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Grupo de investigación
Producción Animal e Industrialización (PROANIN). Riobamba, Ecuador, 060150.
jcromero.fiag@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-0510-5560>*

Davinia Sánchez Macías

*Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Grupo de investigación
Producción Animal e Industrialización (PROANIN). Riobamba, Ecuador, 060150.
dsanchez@unach.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-5626-4249>*

Antonio Murillo Ríos

*Azienda Agricola Circe. Viale P.L. Nervi – Latinafiori SC
Torre 5 Gigli Scala A – 04100 Latina, Italia.
antoniomurillovet@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2276-6643>*

RESUMEN

El queso fresco es el producto lácteo procesado más consumido en Ecuador. Las proteínas de origen lácteo son uno de los factores más relevantes en la producción de quesos, siendo la caseína la principal fuente proteica, puesto que representa en torno al 80% del total de proteína en la leche, y se vincula directamente a los parámetros de rendimiento quesero y firmeza del queso. En la actualidad podemos utilizar otras alternativas proteicas provenientes de la leche para la elaboración de queso fresco como el lactosuero, la leche descremada y el calostro. Este trabajo describe y analiza algunos estudios de relevancias sobre el estado actual de la investigación acerca del uso y efecto de las proteínas de origen lácteo sobre algunas de las características de los quesos frescos. Este trabajo evidencia que los estudios que investigan el efecto de la proteína láctea sobre los quesos frescos son escasos, ya que como referencia tiene únicamente el rendimiento (característica física), el cual también es afectado por los otros nutrientes (vitaminas, minerales, etc.) que tiene la leche. Se discuten los resultados obtenidos en investigaciones y la importancia de investigar de manera más profunda otras alternativas para el aprovechamiento óptimo y funcional de las proteínas de origen lácteo en la industria quesera.

Palabras clave: queso fresco, proteína láctea, rendimiento, características fisicoquímicas.

4.1 Introducción

La leche, además del calostro, es un producto de la secreción normal de la glándula mamaria (INEN, 2012a) y se puede obtener a partir de todos los mamíferos. De forma general, la leche tiene un alto contenido de agua (superior al 82%) y el resto son los llamados sólidos totales, de los cuales una parte son grasas, proteínas, azúcares y otros componentes minoritarios (Cortez, 2018). Las principales familias proteicas de la leche son las caseínas, β -lactoglobulina (β -LG) y α -lactoalbúmina (α -LA). Sin embargo, existen otras proteínas en la leche con funciones biológicas y tecnológicas muy variadas, tales como la lactoferrina y las inmunoglobulinas. Las caseínas se unen a los fosfatos en la leche y se encargan de almacenar y transportar los metales biodisponibles, y representan aproximadamente el 78-80% del total de las proteínas de la leche. Contienen todos los aminoácidos esenciales y son consideradas de alto valor biológico (Jariyasopit *et al.*, 2021). Los cuatro miembros principales de esta familia son α S1-caseína, α S2-caseína, β -caseína y κ -caseína. La β -LG y α -LA son las principales proteínas séricas y representan aproximadamente el 10% y el 3% de la proteína láctea total, respectivamente (Naito *et al.*, 2020). La leche también es fuente alta de algunos minerales como el fósforo y el calcio, así como de vitaminas y otros componentes que se encuentran en cantidades muy pequeñas. Adicionalmente, los lípidos y la lactosa constituyen un importante aporte energético. Todos estos componentes hacen de la leche uno de los alimentos más accesibles y nutritivos del mercado.

El queso es uno de los principales productos que se producen a través de la transformación de la leche. Está compuesto por proteína (principalmente caseína, pero también presenta proteínas séricas debido a la presencia de suero en su matriz o por su unión a las caseínas debido a los procesos térmicos), grasa y sales solubles,

que son concentrados por coagulación. Es el derivado lácteo más consumido a nivel mundial. Sus características varían según el tipo de queso, cambiando sus propiedades nutritivas, funcionales, texturales y sensoriales. Así pues, los quesos son considerados como una alternativa para conservar los principales elementos nutritivos de la leche y darle valor agregado a la misma.

Durante el procesamiento del queso fresco, las caseínas crean una red proteica en la cual atrapan a los otros componentes, y su estructura y estabilidad es importante en cuanto a parámetros tan importantes como el rendimiento quesero (Villegas-Soto *et al.*, 2017). La coagulación de las caseínas involucra una modificación irreversible de las micelas provocada por proteasas seleccionadas denominadas comúnmente como cuajo (Sołowiej *et al.*, 2016). Así, durante el proceso de coagulación, la red de caseínas tiene propiedades funcionales como la retención de agua, firmeza de la cuajada y emulsión de grasa (Sołowiej *et al.*, 2014; Sołowiej *et al.*, 2016). En el caso de los minerales como los fosfatos de calcio, estos intervienen en la firmeza del queso y punto de fusión en el derretido, ya que tienen la función de unir las caseínas y submicelas para constituir la estructura micelar. La importancia del calcio radica principalmente en mantener la estructura del queso. Conocer la calidad y cantidad de queso obtenido, no solo por el volumen de leche sino también por la cantidad de proteína en la leche, es importante para la producción y productividad de la industria quesera.

El suero lácteo representa entre el 80 y 90% del volumen total de la leche empleada en la elaboración de quesos. Retiene cerca del 50% de los nutrientes de la leche como la lactosa (75%), proteínas (β -lactoglobulina 50%, α -lactoalbúmina 19%, inmunoglobulinas 12%, proteasa-peptonas 12% y seroalbúmina 6%), vitaminas (riboflavina, el niacina, el ácido pantoténico y la vitamina B12,

entre otros), y minerales (como por ejemplo el calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio) (Cortez, 2018). Sin embargo, es altamente contaminante. El suero lácteo (dulce o ácido) llega a tener una demanda química y bioquímica de oxígeno de hasta los 80.000 mg/L. El calostro, sin embargo, puede cuatuplicar la cantidad de proteínas en comparación con la leche, destacándose la alta concentración de inmunoglobulina G (IgG) debido a su función inmunológica para el neonato (McGrath *et al.*, 2016). Sin embargo, tanto el perfil proteico, como el lipídico, mineral y vitamínico es muy diferente al de la leche, motivo por el cual se consideran diferentes productos de la secreción de la glándula mamaria, tal y como se ha demostrado en diferentes estudios (Tsioulpas *et al.*, 2007; Sánchez-Macías *et al.*, 2014).

La producción lechera mundial ha aumentado en los últimos años, llegando a producir casi 887 millones de toneladas en 2020 (FAOSTAT, 2022). La producción de leche en Ecuador en el año 2019 fue de aproximadamente 6,65 millones de litros diarios (ESPAC, 2020). El 36,9% de esta producción se derivó a la producción de quesos. De estos, encabeza la producción el queso fresco, seguido por los quesos regionales como el queso lojano, cuencano, manaba, entre otros (reconocidos por el lugar de origen) y el queso mozzarella (Cortez, 2018). Sin embargo, existen inconsistencias en los registros oficiales de producción quesera, debido a la alta producción y comercialización de quesos (principalmente frescos) sin autorización por parte de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).

El concepto de bioeconomía promueve el repensar y rediseñar la cadena alimentaria y, en este contexto, el manejo de residuos o subproductos de la industria alimentaria ha sido identificado como una de las soluciones potenciales a los sistemas alimentarios de cadenas circulares. En los últimos años se han buscado alternativas

de aprovechamiento de diferentes proteínas lácteas en la industria quesera, puesto que la función, calidad tecnológica y nutritiva de las proteínas lácteas pueden resultar interesantes para mejorar la calidad del queso fresco.

4.2 Industria láctea en Ecuador

a. Producción de leche y distribución

La industria láctea ha tenido gran importancia en la economía a nivel mundial, pero también en la ecuatoriana. Por este motivo, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través de Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD), emitió en el año 2012 la Guía de Buenas Prácticas Pecuarias de Ganadería de Leche, junto con una lista de verificación de cumplimiento de requisitos mínimos para garantizar la inocuidad de la leche cruda y, a su vez, de sus productos elaborados (AGROCALIDAD, 2012).

En relación con la distribución y comercialización de la leche en Ecuador, en el año 2018, el Centro de la Industria Láctea (CIL, 2018) refirió que la leche se distribuyó hacia la industria formal (53%), autoconsumo (37%) y mercado artesanal (10%). La leche destinada para la industria formal se utilizó para su procesamiento o transformación, como quesos (37%), leche en funda (19%), leche en cartón (16%), yogurt (15%), leche en polvo (9%) y otros (3%). Ello representó a nivel nacional un ingreso en ventas anuales de \$1.121.883.712. Según el MAG (2016) la producción pecuaria ecuatoriana contribuyó con el 1,6% del PIB del país, en la que se estimó un aproximado de 48% correspondiente a la cadena de productos lácteos.

b. Industria quesera en Ecuador y variedades más consumidas

Según la FAO (FAOSTAT, 2022), Ecuador elaboró alrededor de 121.157 toneladas de queso en el año 2020. Cortez (2018) detalla que el queso fresco es el más procesado (45% del total de quesos), seguido de quesos nacionales (lojanos, manabas, etc., 34%), queso mozzarella (13%), queso crema (6%), queso gouda (1%) y otros quesos (1%).

Es importante recalcar que debido a la informalidad de muchas empresas dedicadas a la elaboración de queso, el mercado es bastante complejo y dinámico. Actualmente existen en Ecuador más de 300 marcas que compiten para incrementar su participación comercial, entre las cuales existen empresas líderes que acaparan el mercado.

El queso de mayor consumo en Ecuador históricamente es el queso fresco. Dentro de este tipo hay algunos especializados provenientes de diferentes regiones del país, tales como el amasado, manaba, lojano y de hoja, por ejemplo. Poco a poco se han ido imponiendo los quesos maduros, y hoy en día encontramos gran variedad de quesos comercializados como por ejemplo el andino, camembert, feta, brie, tilsit, manchego, cheddar, dambo, picado, de hoja, gruyere, mozzarella, hierbas del campo, parmesano, holandés, amasado, javierino y prato.

c. Tipos de industrias elaboradoras de queso en Ecuador

Los quesos son elaborados principalmente por la agroindustria artesanal, que es una alternativa para dar valor agregado a la leche (Aubron *et al.*, 2014). Maigre (2007, citado en Aubron *et al.*, 2014) en su estudio *Análisis de la cadena de comercialización de lácteos en la Sierra Ecuatoriana* clasifica las unidades de producción quesera en

los siguientes grupos: grande, familiar, asociativa y de combate (véase Tabla 4.1).

Tabla 4.1

Tipos de queseras ecuatorianas, según la clasificación de Maigre en el año 2007

Tipo	Características
Quesera grande	Transforma la materia prima (más o menos 1500 litros/día (pasteurizando)). Genera empleos. Mercado: regional de calidad. No bajan su precio y tiene variedad de productos.
Quesera familiar (queseras pequeñas)	Transforman la materia prima (de 200 a 500 litros/día) (sin pasteurización). No genera empleos ajenos de la familia. Producen el queso fresco y el quesillo. Precio dependiendo de la temporada.
Quesera asociativa	Organización comunal o grupal. Se pueden encontrar queseras grandes y pequeñas. Entre las grandes son reconocidas por la buena calidad de sus productos y generar plazas de trabajo.
Quesera de combate	Característica de la provincia de Chimborazo. Se especializaron en quesos para el mercado de la costa. Transforman cada una de 2000 hasta 6000 litros / día. Parte de una materia prima de baja calidad.

Nota. Adaptado de Cortez (2018) y Aubron *et al.* (2014).

La industria quesera grande se caracteriza por procesar grandes cantidades de leche diariamente (más de 1500 litros) y, además, por cumplir de manera sistemática los controles de calidad y requisitos de calidad de la leche, entendiéndose bien la necesidad de pasteurizar la leche para procesar los productos lácteos para consumo humano, que suelen ser muy diversos. Es una industria generadora de empleo con precios de productos establecidos.

La industria quesera pequeña familiar procesa menos cantidad de

leche (entre 200 y 500 litros diarios) para elaborar queso fresco y quesillo, y parte de su transformación se realiza con leche cruda. La mano de obra suele ser familiar y los precios de los productos fluctúan según el mercado.

Las queseras asociativas son organizaciones comunales o grupales, que reciben la leche principalmente de un gran número de productores primarios. Estas a su vez pueden ser grandes o pequeñas, con las características antes descritas con relación a la generación de empleo y procesamiento.

Finalmente, en la provincia de Chimborazo se ha acuñado el nombre de queseras de combate, que se han especializado en la producción de queso para el mercado de la Región Costa de Ecuador. Transforman grandes cantidades de leche diariamente, como las queseras grandes. Sin embargo, parte de leche como materia prima de baja calidad.

4.3 La leche

Definición de leche

Según el Codex Alimentarius se define leche como “la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior”. Esta definición es amplia y abarca la leche de cualquier mamífero lechero. Sin embargo, el Servicio de Normalización Ecuatoriano y muchos países han emitido normas técnicas de calidad de leche de animales diferenciados por especie. En el caso de Ecuador, actualmente se cuenta con las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 9 (INEN, 2012a) y NTE INEN 2624 (INEN, 2012b) para la leche cruda de vaca y cabra, respectivamente.

La composición de la leche está determinada por diversos factores tales como la especie, raza, alimentación, edad, partos, etapa de lactancia, y época del año, entre otros, presentándose en forma líquida y color blanco opaco característico (Montes de Oca-Flores *et al.*, 2019).

Características generales de composición y calidad de la leche

La leche está compuesta principalmente por agua, carbohidratos (la lactosa es el principal y exclusivo azúcar de la leche), proteína (caseínas y proteínas de suero), grasa, minerales, vitaminas y enzimas. La composición básica de la leche de diferentes especies animales como la vaca, búfala, cabra, oveja, camella y burra se pueden observar en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2

Valores medios de composición química básica, recuento de células somáticas y pH de la leche de 6 especies lecheras

Parámetro ¹	Especie					
	Vaca	Búfala	Cabra	Oveja	Camella	Burra
Sólidos, %	12,81	17,93	11,57	17,22	12,49	8,11
Grasa, %	3,83	7,71	3,07	6,36	3,74	0,32
Proteína, %	3,20	4,38	3,28	5,12	3,16	1,39
Caseína,	2,55	3,61	2,59	4,01	2,15	0,63
CN/P, %	79,9	82,4	79,2	78,3	72,0	46,7
Lactosa, %	4,65	5,01	4,12	4,81	4,19	5,56
Cenizas, %	0,68	0,80	0,79	0,85	0,85	0,34
RCS, log	4,07	4,46	6,46	6,62	5,00	-0,80
pH	6,62	6,65	6,50	6,53	6,44	7,14

¹ CN/P: ratio caseína respecto al total de proteína; RCS: recuento de células somáticas.

Nota. Adaptado de Bittante *et al.* (2022).

Agua. Es el componente más abundante de la leche, se encuentra entre el 82 y el 86% (Cortez, 2018; Pereira, 2014). En ella se encuentran en emulsión, suspensión o disueltas las proteínas, grasas, azúcares y vitaminas, entre otros componentes (Fox *et al.*, 2015a).

Proteína. Es otro de los componentes más importantes de la leche. Afecta de manera directa a la capacidad de la leche a ser transformada y al rendimiento quesero. La leche presenta tres categorías principales de proteínas: las caseínas, las proteínas séricas y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (Fox *et al.*, 2015b). Sin embargo, estas últimas no se consideran en la industria quesera por su mínima presencia en el total de la leche, sin menospreciar el valor que tienen. Las proteínas lácteas son de alto valor biológico (ya que contiene los 9 aminoácidos esenciales dentro de su estructura) y de proporción variable según la especie (Jariyasopit *et al.*, 2021).

En el caso de la leche de vaca, nos encontramos con los siguientes tipos de proteínas según orden de presencia: caseínas (α -CN_{s1} 38%, α -CN_{s2} 10%, β -CN 36%, κ -CN 15% y γ -CN 1%) que representan entre el 78 y 80% de las proteínas totales en la leche, y proteínas de suero (α -LA 50%, β -LG 20%, lactoferrina, inmunoglobulinas, lisozima, enzimas y hormonas) correspondiente al 20-22% restante (Pereira, 2014; Alothman *et al.*, 2019). El porcentaje de caseínas varía según la especie (tal como se observa en la Tabla 4.2), y además la presencia de cada una de las caseínas varía enormemente de un animal a otro. Por ejemplo, en la leche de cabra predomina la β -CN, seguida de la α -CN_{s2}. La α -CN_{s1} puede estar presente o no, según la variante genotípica de la cabra (Sánchez-Macías *et al.*, 2011).

Grasa. La grasa de la leche tiene un rol preponderante al afectar significativamente las propiedades fisicoquímicas de los productos lácteos (por ejemplo: dureza, capacidad para untar, fusión,

procesabilidad, etc.) (Allothman *et al.*, 2019). Esta representa entre 3 y 8% de la leche (tal como se observa en la Tabla 4.2), dependiendo de la alimentación, salud, especie, raza, etc. (Fox *et al.*, 2017a). Los triglicéridos forman el 98% de la fracción de grasa de la leche, el diacilglicerol el 2%, el colesterol menos del 0,5%, los fosfolípidos aprox. el 1%, y los ácidos grasos libres el 0,1% (Pereira, 2014).

Carbohidratos. El principal carbohidrato o azúcar de la leche es la lactosa, con una representación entre el 4 y 5,5% según la especie (Tabla 4.2) (Jariyasopit *et al.*, 2021). Adicionalmente, también se encuentran azúcares combinados, poliósidos libres, azúcares ramificados, oligosacáricos y gliconjugados en pequeñas cantidades, pero que juegan un papel fundamental en otros aspectos al ser moléculas bioactivas importantes, como por ejemplo el favorecimiento del desarrollo de la microbiota intestinal del humano y protección en los primeros días de vida de un recién nacido (Jariyasopit *et al.*, 2021). Los oligosacáridos contienen residuos de monosacáridos unidos covalentemente a través de enlaces glicosídicos, y se dividen en dos clases: a) neutros (cadenas de glicanos que contienen fucosa) y b) ácidos (glicanos con ácido siálico), los cuales son predominantes (Figueroa-Lozano & De Vos, 2019). Los gliconjugados son carbohidratos complejos, están unidos covalentemente a las proteínas o lípidos y tienen un valor potencial como macronutrientes.

Vitaminas. Dentro de este grupo, tenemos a las vitaminas liposolubles como retinol (vitamina A), colecalciferol (vitamina D3), calcifediol (25-hidroxivitamina D3 o vitamina OH D3) y α -tocoferol (vitamina E); y a las vitaminas hidrosolubles, las cuales incluyen la vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3-amida, B5, B6, B7, B9, B12 y C, aunque esta última en muy pequeña cantidad (Pereira, 2014; Foroutan *et al.*, 2019).

Minerales. La leche ha sido reconocida naturalmente como una fuente de calcio privilegiada, pero en su fracción mineral se pueden distinguir otros elementos como el fósforo, el magnesio, el zinc y el selenio, mientras que es relativamente pobre en hierro y cobre (Pereira, 2014; Foroutan *et al.*, 2019). Los minerales y oligoelementos existen en la leche en un equilibrio entre las fases solubles y coloidales de la leche. El Ca, Mg y fosfato tienen un significado tecnológico en la fabricación de queso debido a su efecto directo sobre la estabilidad de la caseína en la leche (Alothman *et al.*, 2019).

Enzimas. Son catalizadores biológicos de naturaleza proteica (coenzima o grupo prostético). Existe una gran variedad de enzimas endógenas en la leche con acciones muy diversas (Deeth, 2021). Las más importantes son la fosfatasa alcalina, que sirve como indicador de la pasteurización deficiente, la catalasa y la peroxidasa, que sirven como indicadoras de la calidad microbiológica de la leche (Deeth, 2021).

Las enzimas tienen un papel importante en el crecimiento microbiano puesto que, una vez que descomponen las proteínas y los lípidos, permiten el desarrollo de microorganismos (Ahmad *et al.*, 2019).

4.4 El queso

Definición de queso

El queso es el nombre genérico de un grupo de productos alimenticios con base en leche que permite conservar los principales elementos nutritivos de la leche y darle valor agregado a la misma, y cuenta con una gran diversidad de sabores, texturas y formas (Fox *et al.*, 2017b).

Según el Codex Standard 283-1978, se entiende por queso

el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:

- (a) *coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche desnatada/descremada, leche parcialmente desnatada/descremada, nata (crema), nata (crema) de suero o leche de mantequilla/manteca, o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, [...] y/o*
- (b) *técnicas de elaboración que comportan la coagulación de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido en el apartado (a).*

En la Norma Técnica INEN:1528 (2012c) se define al queso como “producto blando, semiduro, duro y extraduro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas del suero y la caseína no sea superior a la de la leche”. El queso corresponde al grupo más elaborado y consumido de los alimentos lácteos (FAOSTAT, 2022), seguido por la mantequilla y ghee, leches evaporadas y condensadas, y leche desnatada y suero. Según Guggisberg *et al.* (2017) existen más de 1000 variedades de queso en todo el mundo, aunque en la base de datos de <cheese.com> (2022) llegan a listar 1831 variedades de quesos.

Factores que afectan a la calidad del queso

La calidad del queso depende de muchos factores, y algunos son modificados intencionadamente según el tipo de queso a elaborar (Fox *et al.* 2017c). Los más importantes son:

- La leche, incluyendo su origen, composición, calidad higiénico-sanitaria, calidad sensorial y preparación (descremado, estandarización, homogenización y tratamiento térmico).
- El o los cultivos microbianos utilizados para la acidificación u otras funciones durante la elaboración o maduración del queso.
- El cuajo utilizado para coagular la leche.
- Las bacterias no iniciadoras que son autóctonas de la leche o que entran en la leche o el queso desde el medio ambiente durante la fabricación, maduración o manipulación.
- Parámetros de maduración del queso, incluida la temperatura, la duración, la infraestructura o características del lugar de almacenamiento, manipulación.
- Uso de otros aditivos, tales como reemplazantes de grasa, conservantes, colorantes, saborizantes, entre otros.
- Uso de coberturas, como especias, aceites, harinas, parafinas, etc.

Así, existen diferentes tipos de quesos, que se pueden clasificar según su origen, el lugar en donde se elaboró, como se elaboró, el tiempo de madurado, su pasta, entre otros. En la Tabla 4.3, se muestran algunos tipos de quesos encontrados en la norma INEN:1528 de Ecuador y el Codex Alimentarius.

Tabla 4.3

Tipos de quesos existentes en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN1528 (2012c) y en el Codex Alimentarius (2011)

Norma NTE INEN 1528	
Según contenido de humedad	Según contenido de grasa láctea
• Duro • Semiduro • Semiblando • Blando	• Rico en grasa • Entero graso • Semidescremado o bajo en grasa • Descremado o magro

Norma NTE INEN 1528		
Codex Alimentarius		
Según consistencia:	Según tipo de madurado:	Según contenido de grasa en la leche:
• Extraduro • Duro • Firme/semiduro • Blando	• Madurado por mohos • No madurado/fresco • En salmuera	• Extra graso • Semigraso • Semidesnatado • Desnatado
Otros, según procesos y usos:	Otros quesos individuales :	
• Queso en salmuera • Queso no madurado, incluido el queso fresco • Queso extraduro para rallar • Quesos de suero	• Cheddar • Danbo • Edam • Havarti • Samsø • Emmental • Mozzarella	• Tilsiter • Saint-Paulin • Provolone • Queso cottage • Coulommiers • Queso crema • Camembert, Brie

El queso fresco

Según la Norma INEN:1528 (2012b), se define al queso fresco como “[...] no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácticos”, el cual después de su elaboración está listo para el consumo.

En la tabla 4.4 se puede observar algunos de los parámetros importantes relacionados con la producción del queso en distintas especies animales. El tiempo medio de coagulación de la leche cabra es el más bajo, seguido por la leche de búfala, oveja y camello, y la leche de vaca. El tiempo de coagulación de la leche de burra nunca coaguló en el estudio realizado por Bittante *et al.* (2022), por lo que no se pudo calcular el rendimiento quesero.

El rendimiento quesero, según se observa en la tabla 4.4, es superior en la leche de búfala, seguida de la de oveja, vaca, camella y cabra.

El rendimiento quesero a los 90 días varió ligeramente el orden, y los valores de rendimiento entre la leche de vaca y cabra fueron similares. Esto es debido a que el queso fresco de vaca retiene una mayor proporción de suero, el cual se va perdiendo a lo largo de la maduración.

Tabla 4.4

Valores medios de la capacidad de coagulación y rendimiento quesero de la leche de 6 especies lecheras

Parámetro ¹	Especie					
	Vaca	Búfala	Cabra	Oveja	Camella	Burra
RCT, min	29,7	13,3	12,0	14,2	14,2	>60,0
Rend, %	15,4	25,5	11,9	22,9	13,8	--
Rend-90 días, %	9,0	16,0	8,5	15,1	7,6	--

¹RCT: tiempo de coagulación de la leche; Rend: rendimiento quesero expresado como peso de la cuajada; Rend-90 días: rendimiento quesero a los 90 días de maduración.

Nota. Adaptado de Bittante *et al.* (2022).

Los principales factores relacionados con las proteínas de la leche y que influyen en la calidad del queso fresco son los siguientes:

a. Contenido en caseínas. La influencia del contenido en caseínas sobre la firmeza del coágulo es muy importante debido a que está en relación con el rendimiento (Moatsou, 2019). Un aumento de proteínas séricas en la leche resulta en un menor rendimiento quesero en los quesos madurados, así como quesos más gomosos y secos. Este es uno de los principales problemas que se encuentra en animales mastíticos, puesto que aumenta la proporción de proteínas séricas, mientras baja la cantidad de caseínas, lo cual conlleva a problemas no solo de procesamiento, sino de calidad final del queso.

b. Concentración de calcio. La presencia de calcio es indispensable para la floculación de las micelas de caseína en el cuajo. Las micelas,

después de la acción del cuajo, pueden afectar notablemente al tiempo de coagulación y a la dureza del gel, por esa razón las leches pobres en calcio coagulan difícilmente dando lugar a geles blandos (sin firmeza). En la tecnología quesera, la adición de cloruro cálcico a la leche (después de la pasteurización) reduce el tiempo de coagulación y aumenta la firmeza del gel formado (Priyashantha *et al.*, 2019).

c. Cuajo. Permite obtener la firmeza deseada al queso en presencia del calcio (Moatsou, 2019). Entre los tipos de cuajo se encuentran los referentes a su origen y composición. Así, tenemos de origen animal, vegetal, microbiano o genético. Las dos principales enzimas de origen animal utilizadas son la pepsina y la quimosina, que también se pueden obtener a partir de microorganismos genéticamente modificados (con inserción de los genes productores de estas dos enzimas). A diferencia de la pepsina (que originalmente provienen de animales adultos), las quimosinas son obtenidas de animales recién nacidos, principalmente del estómago de rumiantes lactantes, como los terneros, corderos y cabritos (Usgame *et al.*, 2018).

Entre las composiciones de la renina (cuajo) más utilizadas está el de 80% de quimosina y 20% de pepsina, presentando la quimosina un pH óptimo aproximadamente de 5 en acción sobre la caseína. Al incrementar la demanda del cuajo se empezó a usar la enzima microbiana renilaza, obtenida del hongo *Mucor miehei*.

d. Tamaño de las micelas de caseína. El tiempo de coagulación es más largo cuanto menor es el diámetro de las micelas (Li & Zhao, 2019). Las micelas más grandes con un nivel moderado de citrato darán como resultado geles más firmes, mientras que a mayor contenido de citrato se reduce la resistencia del gel (Priyashantha *et al.*, 2019). La cantidad de β -CN presente en la leche actúa de

forma directa con el tamaño de la micela, en cambio, la cantidad de κ -CN varía en relación inversa, localizada mayoritariamente en la superficie de la micela, es decir, que a mayor cantidad de κ -CN menor es el tamaño de las micelas (Stazionati, 2019).

e. pH de la leche. Un descenso del pH de la leche disminuye el tiempo de coagulación provocando que el gel se endurezca más rápido. Esto es consecuencia de la influencia del pH (máxima a pH 5,5) sobre la estabilidad de las micelas y la actividad del cuajo, que decrece por la neutralización de las cargas negativas y liberación de iones Ca^{+2} (Li & Zhao, 2019).

El suero: un subproducto de la industria del queso

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2594 (2011) el suero de leche es “el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración de queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada”, su color translúcido verde amarillento se debe a su alto contenido de riboflavina (Arce-Méndez *et al.*, 2016).

Del suero producido en Ecuador, alrededor del 55,8% es desechado, mientras que el 3,3% es destinado para la elaboración de queso ricota, el 20,4% como alimento de cerdos y otro 20,4% es utilizado en la elaboración de bebidas lácteas (SIIPRO, 2015).

El suero o lactosuero es obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína. Se diferencian dos tipos de sueros: el suero dulce, producido mediante la coagulación de la leche provocada por enzimas, y el suero ácido, que resulta de la fermentación o adición de medios ácidos a la leche.

Cualquier tipo de lactosuero representa alrededor del 85-90% del volumen de la leche utilizada y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes (Méndez *et al.*, 2017). Su composición básica es lactosa (4,5-5% de la leche), proteínas solubles (0,6-0,8%), y lípidos (0,4-0,5%). Contiene una cantidad rica en minerales como el potasio, seguido del calcio, sodio, fósforo y magnesio, así como vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, ácido pantoténico, cobalamina) y ácido ascórbico (Fox *et al.*, 2017d).

Las proteínas del suero representan el 20% de las proteínas totales de la leche, en las cuales se encuentran cuatro proteínas principales que son: β -LG (50%), α -LA (20%), seroalbúmina (10%) e inmunoglobulinas (10%), además de lactoferrina, lactoperoxidasa, y glicomacropéptidos (Goulding *et al.*, 2020).

4.5 Efecto de las proteínas lácteas sobre la calidad fisicoquímica de los quesos frescos

Es muy amplia la literatura científica disponible sobre la reutilización del suero quesero y otras proteínas lácteas, desde el uso completo o fraccionamiento de sus componentes hasta su aplicación en productos lácteos convencionales, no convencionales, otros productos alimenticios, la industria farmacéutica o cosmética, entre otros.

En esta sección presentamos algunos de los trabajos más relevantes acerca de la forma de adición y los efectos de la proteína láctea (suero, caseínas, leche descremada) sobre la calidad fisicoquímica y tecnológica en la elaboración de los quesos frescos, con énfasis en las provenientes de vaca, pero también de cabra y oveja. En general, se proporcionan pruebas considerables de alteración de

los procesos de coagulación de la leche, aumento de rendimiento, modificación de la composición del queso y cambios en su textura y aceptabilidad.

4.5.1 Estudios sobre la incorporación de proteína láctea a diferentes concentraciones

Las proteínas séricas o del lactosuero pueden actuar como grasa y, debido a esta función, a menudo son llamadas “fat mimetics”. Por su composición, a una temperatura sobre los 75 °C, las proteínas séricas pueden retener una cantidad de agua considerable y crear una red de poros que atrapan el agua en la matriz, resultando en una mayor capacidad de retención de agua. Además, las proteínas séricas son una fuente muy interesante de péptidos bioactivos con actividad antihipertensiva, antioxidante, y antilipogénica, entre otras propiedades (Auestad & Layman, 2017).

Arce-Méndez et al. (2016) trabajaron con tres niveles de incorporación de seroproteínas (proteínas del suero). Agregaron 75, 120 y 150 g de proteína de suero a 20 kg de leche y elaboraron queso fresco. Estos autores observaron un aumento de rendimiento quesero al adicionar el suero de quesería (Tabla 4.5), pasando de 17,4 % a 17,9 y 18,8% al adicionar las mayores cantidades de suero (6,00 y 7,50 g por litro de leche, respectivamente). La adición de 75 g de suero a la leche (3,75 g por cada litro), el rendimiento fue similar al del queso control. El mayor rendimiento encontrado se asoció a una mayor retención de humedad y disminución en la sinéresis, tal y como lo mencionan Law & Tamime (2010). Ello da como resultado quesos con una textura más suave, provocando una disminución significativa en las propiedades de masticabilidad, cohesividad y resiliencia, a diferencia de los parámetros de adhesividad, dureza y elasticidad en los que no se encontraron diferencias significativas. En este caso, la aceptabilidad de estos quesos con adición de suero

de quesería fue baja en comparación con los quesos control, debido a que la textura no agradó a la mayoría de los panelistas.

Tabla 4.5

Rendimiento del queso fresco elaborado con incorporación de proteína de suero en diferentes cantidades

Proteína agregada por 20 kg de leche fresca (g base seca)	Rendimiento quesero¹ (g/100 g leche)
0	17,4 ± 0,7 a
75	17,2 ± 0,6 a
120	17,9 ± 0,5 ab
150	18,8 ± 0,2 b

¹ Valores seguidos por diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos.

Nota. Adaptado de Arce-Méndez *et al.* (2016).

Sulca (2019) evaluó dos niveles de incorporación de seroproteínas, tratamientos con 5,43 g y 10,85 g por litro de leche. Obtuvieron valores de rendimiento queseros superiores al agregar el suero de queso a la leche (13,49 y 14,43%) en comparación con el queso control (12,61%), tal y como se observa en la Tabla 4.6. Adicionalmente, estos autores observaron un aumento del 6,12% del contenido de proteína entre el queso control y el queso elaborado con la adición de 5,42 g de suero por litro de leche. Sin embargo, adicionar el doble de cantidad de suero solo produjo un aumento de 0,73% de proteína respecto al anterior, lo que puede ser un indicador de saturación que limita las interacciones con las seroproteínas. Estos autores concluyeron también que la adición de seroproteínas semidesnaturalizadas provocan un aumento en la capacidad para ligar agua de la cuajada y reducir la sinéresis (Law & Tamime, 2010). Referente a la textura no se encontraron cambios significativos y la aceptabilidad también fue baja.

Tabla 4.6

Valores de rendimiento de queso fresco en porcentaje

Tratamiento¹, g/L	Rendimiento (g/100 g leche)
0	12,61 a
5,43	13,49 b
10,85	14,43 b

Nota. Valores seguidos por diferentes letras, indican diferencias significativas.
 1g/L: gramos de seroproteínas incorporadas por un litro de leche procesada.
 Nota. Adaptado de Sulca (2019).

Zapata (2015) trabajó con dos tratamientos incorporando diferentes componentes lácteos. El primero fue la incorporación de caseína comercial en polvo a la leche (0,15%) y el segundo fue la incorporación leche descremada en polvo (35%). Obtuvieron rendimientos queseros de 15,19% y 16,1%, respectivamente, significativamente superiores al tratamiento control (13,4%). Basándonos en lo que menciona Francolino *et al.* (2010), un mayor contenido proteico (especialmente caseína) en la leche conduce a una disminución de la humedad del queso (presenta una mejor capacidad de retener agua) y un mayor contenido de proteína, provocando eficiencia en la elaboración del queso, recuperación de grasa, presentan mayor viscosidad y por lo tanto mayor rendimiento. En la firmeza y aceptabilidad no se presentaron cambios significativos (resultado de una red de caseína compacta).

Henriques *et al.* (2013) evaluaron la incorporación de LWPC (concentrado de proteína de suero líquido) a través de 3 tratamientos (control; 0,25 y 0,50%). Concluyeron que el queso fresco con LWPC mostró menor sinéresis espontánea y mayor estabilidad en el tiempo, teniendo en cuenta la cantidad de LWPC incorporada en las formulaciones de queso fresco, ya que es un parámetro muy importante para considerar en la evaluación sensorial. Aunque no se destacaron diferencias estadísticas entre los productos innovadores para propiedades de textura (dureza, masticabilidad y gomosidad), se demuestra que a mayor cantidad de LWPC (50 g / 100 g) reduce la aceptabilidad por parte de los panelistas.

4.5.2 Tratamiento mediante el uso de herramientas tecnológicas

Gamlath *et al.* (2020) trabajaron con distintos conjuntos de sistemas de adición de proteínas lácteas:

- Leche descremada.
- Leche descremada + proteína de suero concentrada.
- Leche descremada + proteína de suero concentrada y tratada térmicamente.
- Leche descremada + proteína de suero concentrada y tratada térmicamente y por sonicación.

Observaron valores de rendimiento quesero de 6,0%, 6,1%, 6,1% y 7,1%, respectivamente, demostrando que tanto en la cuajada como en el análisis de composición de los quesos se mostró un aumento en la retención de proteínas con calor y tratamiento por sonicación. La mayor retención de proteínas séricas concentradas tratadas térmicamente puede atribuirse al mayor tamaño de los agregados. El aumento adicional en la retención de estos agregados de proteína desnaturalizada y tratado con ultrasonido provoca agregados más pequeños, pero más hidrófobos que el tratamiento de proteínas séricas concentradas tratadas térmicamente. Ello sugiere que la hidrofobicidad puede aumentar la retención de agregados de proteína de suero suficientemente grandes como para afectar al rendimiento del queso.

El estudio de Masotti *et al.* (2017) hace referencia a las herramientas tecnológicas que se utilizan para incorporar proteínas de suero en quesos y su influencia en el rendimiento y calidad general de los mismos, entre las que se menciona están: UF (ultrafiltración), HHP (alta presión hidrostática), UHPH (homogeneización a presión ultra alta), TGase (transglutaminasa). Mencionan también de una

forma precisa el calor (independientemente del grado en el que se encuentre), adición de derivados con base en proteínas, adición de suero de leche o derivados y la combinación de estos, mejoran el rendimiento quesero, así como (al igual que en los ya mencionados estudios) que algunas ayudan también a tener una mejor textura y calidad sensorial e incrementan su vida útil. Para los quesos frescos utilizaron dos tipos de herramientas tecnológicas que fueron HHP, UHPH y tratamiento térmico en el que se obtuvo como resultado el aumento de la capacidad de retención de agua de las proteínas y de la retención de proteínas del suero durante la formación de la cuajada, lo cual modificó las propiedades sensoriales del queso fresco.

En general los estudios de Gamlath *et al.* (2020) y Masotti *et al.* (2017) evidencian que la proteína láctea bovina, en especial la caseína es muy importante al momento de la elaboración de quesos, no solo por el aumento de rendimiento, sino porque también mejora su calidad y su textura, mientras que la proteína de suero ayuda al rendimiento. Sin embargo, provoca una reducción de sinéresis causando que la estructura del queso no sea estable.

4.5.3 Tratamiento mediante procesos de desnaturalización del suero por calor

El mejor método conocido para incorporar proteínas séricas es la adición de dichas proteínas previamente desnaturalizadas a la leche de quesería. El tratamiento térmico del suero bajo condiciones específicas induce a la formación de agregados de proteínas, que se recuperan a través de procesos de filtración o centrifugación. Es muy común realizar primero una ultrafiltración para disminuir la cantidad de agua y favorecer el grado de desnaturalización. El tamaño de los agregados proteicos del suero también puede ser controlado aplicando agitación u homogenización durante el calentamiento.

Cuando estos agregados proteicos del suero desnaturalizado por calor se añaden a la leche de quesería, quedan atrapados entre la red de caseína durante la elaboración del queso. Los poros de la red son de aproximadamente 10 μm , por lo que se sugiere añadir microagregados de proteínas del suero de 1 a 10 μm (Solowiek *et al.*, 2022), con el fin de rellenar los poros adecuadamente y tener una estructura homogénea en la red de caseínas.

Giroux *et al.* (2018) realizaron un estudio muy interesante sobre el uso de agregado de proteínas séricas desnaturalizadas por calor de vaca, cabra y oveja y adicionadas a la leche para hacer queso. Todo el estudio se hizo de manera que luego pudiera adaptarse a queserías pequeñas y artesanales. Analizaron:

- El efecto del origen de la leche (según la especie animal) y el tipo de suero (dulce o ácido) en el grado de recuperación de los agregados de proteína tras su desnaturalización por calor.
- El método de recuperación de los agregados de proteínas séricas (centrifugación a 3000 g x 10 min a 23 °C o por sedimentación por gravedad 10h a 4 °C seguido de filtración).
- La influencia de la adición de estos agregados en la capacidad de la leche para ser utilizada en la industria quesera (cinética de coagulación y formación del gel de la cuajada).
- El rendimiento quesero y calidad del queso elaborado.
- En el estudio observaron que la composición del suero obviamente depende de método de producción del queso y la leche de origen (vaca, cabra u oveja). En la Tabla 4.7, se puede observar los parámetros de composición del suero obtenido de la leche de estas 3 especies, en sus variaciones de suero dulce o ácido.

Tabla 4.7

Composición y pH del suero dulce o ácido obtenido de la leche de vaca, cabra u oveja

Parámetro	Suero dulce			Suero ácido		
	Vaca	Cabra	Oveja	Vaca	Cabra	Oveja
Sólidos totales, %	6.64	6.12	7.94	6.76	6.22	8.19
Proteína, %	0.87	1.00	1.71	0.88	0.99	1.76
Lactosa, %	5.08	4.18	5.30	4.72	3.93	4.72
Grasa, %	0.05	0.07	0.10	0.07	0.08	0.13
pH	6.00	5.90	6.09	4.86	4.80	4.92

Nota. Adaptado de Giroux *et al.* (2018).

Tal y como se espera, el suero ácido presenta una cantidad de lactosa y pH inferior que el suero dulce. Y el suero de leche de oveja contiene más sólidos, proteína y grasa que el suero proveniente de la leche de vaca y oveja.

Con relación a la recuperación de proteínas agregadas tras el tratamiento térmico del suero, el suero proveniente de la leche de oveja tuvo un mayor grado de desnaturalización (85.41% de recuperación de proteínas séricas vs 69.36% en el suero de vaca y cabra). El tipo de suero (ácido o dulce) no afectó al grado de desnaturalización de las proteínas del suero.

Comparando la forma de recuperación de los agregados de proteínas, Giroux *et al.* (2018) encontraron que el proceso de centrifugación era más rápido. Sin embargo, para las pequeñas queserías artesanales este método se complica debido a que tendrían que invertir en máquinas centrifugadoras. A través del método de gravedad y filtración, la recuperación de proteínas era ligeramente menor respecto al método de centrifugación.

Por otro lado, a pesar de que el grado de desnaturalización de las proteínas del suero de vaca era similar al de cabra, en este último

se recupera menos agregado proteico, muy probablemente debido al diferente perfil proteico que tienen las dos especies.

La adición de agregados de proteína sérica puede alterar las propiedades de coagulación de la leche e interferir en la estructura del gel, dependiendo de la concentración añadida (Giroux *et al.*, 2015). Sin embargo, los autores del trabajo encontraron que añadir agregados proteicos del suero de hasta 30 μm no afectó a las propiedades de coagulación de la leche (independientemente del origen animal), mientras que los agregados más pequeños (hasta 2.68 μm) disminuían la firmeza de la cuajada.

La adición de los agregados de proteína sérica desnaturalizada a la leche de quesería resultó en cuajadas que retenían mayor cantidad humedad en los quesos y, por tanto, en un mayor rendimiento quesero, tal y como se observa en la Tabla 4.8. En todos los quesos, la adición de agregados de proteína sérica desnaturalizada resultó en un mayor contenido de humedad y proteína, mientras que disminuyó el contenido de grasa. Esto es resultado de una compensación de componentes. Al agregar proteína y aumentar la humedad, obviamente disminuye el porcentaje de grasa en la matriz.

Tabla 4.8

Efecto de la adición de agregado de proteína por dispersión (agregados de hasta 30 μm) y origen de la leche (vaca, cabra u oveja) sobre la composición y rendimiento quesero

Parámetro, %	Leche de origen	Queso control	Queso con APS1
Humedad	Vaca	48.1	55.3
	Cabra	46.9	55.8
	Oveja	45.6	51.1
Proteína	Vaca	52.0	54.0
	Cabra	56.5	61.1
	Oveja	54.4	56.3
Grasa	Vaca	39.2	35.1
	Cabra	34.6	27.3

Parámetro, %	Leche de origen	Queso control	Queso con APS1
Rendimiento quesero	Oveja	37.1	33.9
	Vaca	8.7	10.3
	Cabra	7.2	9.9
	Oveja	14.9	18.2

¹APS, agregado de proteína sérica desnaturalizada.

Nota. Adaptado de Giroux *et al.* (2018).

Mejía-López *et al.* (2017) evaluaron el efecto de la temperatura y tiempo de pasteurización sobre el grado de desnaturalización de proteínas del suero de la leche de vaca y calidad del queso fresco. Estos autores observaron que al incrementar la temperatura de pasteurización del suero (63-65 °C por 30 min, 72 °C por 15 s, y punto de ebullición por 2 s), también aumentó la formación de agregados proteicos (Figura 4.1). Así mismo, la adición de estos agregados aumentó el rendimiento quesero de un 21,88% a un 22,27%, en queso elaborado con leche cruda y queso elaborado con agregado proteico sometido a punto de ebullición, respectivamente.

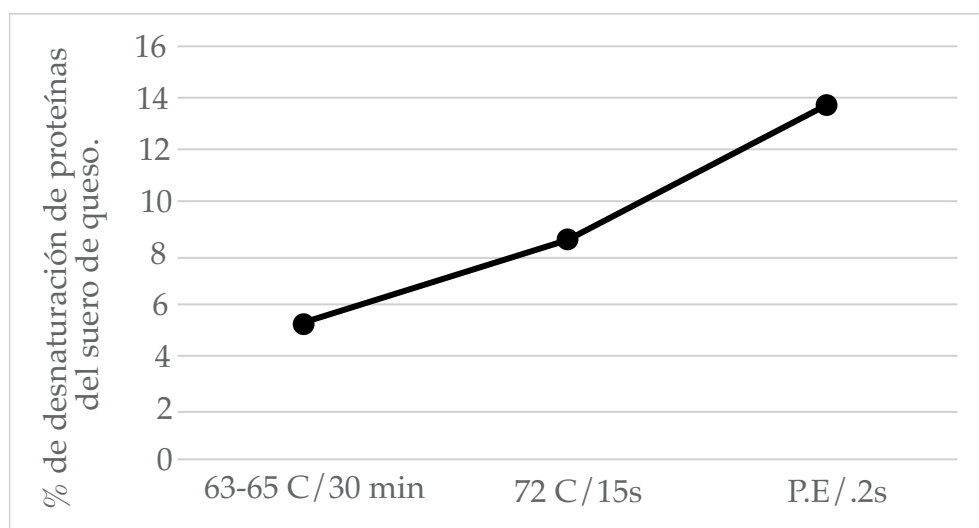


Figura 4.1. Grado de desnaturalización de proteínas del suero a diferentes temperaturas y tiempo de pasteurización.

Nota. Adaptado de Mejía-López *et al.* (2017).

Por otro lado, Salazar (2012) trabajó en la adición de concentrados de proteínas del suero (1,5%) obtenidas por un tratamiento térmico bajo T1(<60 °C) y varios tratamientos térmicos elevados T2 (65 °C), T3 (70 °C), T4 (75 °C) y T5 (80 °C) sobre la leche para la elaboración de quesos con reducido contenido de grasa (1,5%). Se elaboraron quesos de 500g con las mismas condiciones: leche reducida en grasa (1,5% grasa), pasteurización a 65 °C por 30 min, atemperado (32 °C), adición de concentrado de proteínas (1,5%), coagulación (32 °C por 45 min), corte de cuajada, recalentamiento de cuajada a 37 °C por 15 min, eliminación de suero, moldeado y almacenamiento (4 °C). Los tratamientos térmicos al suero demostraron que al someter la β -LG a desnaturalización y agregarlo al proceso de elaboración de quesos provoca un aumento del rendimiento quesero por reducción de sinéresis (es decir, menor pérdida de suero en la cuajada del queso durante la coagulación). El tratamiento térmico T4 (75 °C) produjo un aumento significativo del rendimiento quesero y humedad, en comparación al queso control (14,75 vs. 13,54 % de rendimiento quesero, respectivamente para el queso T4 y queso control). Al tratar el suero de quesería a mayor temperatura (80 °C), se observó una disminución en el rendimiento de 13,36% y humedad de 68,24%. La sinéresis se mostró más evidente con los porcentajes con respecto al tratamiento control bajando de 11,49% a 5,89% (T4) provocando una disminución de dureza del gel, lo que atribuyen a que las proteínas desnaturalizadas tienen una mayor capacidad de retención de agua, mimetizando la grasa, lo que provocaría una menor dureza en el gel.

Rosero *et al.* (2016) desarrolló un método para la recuperación de proteína sérica húmeda con un resultado del 80% de contenido (g/L) total, mediante la desnaturalización de las proteínas séricas en condiciones de 90 °C por 10-15 min, una vez precipitadas son pasadas por filtración. Se trabajo con 3 concentraciones de proteína: 2,9%; 5,7% y 8,6%. No siendo significativas, pero con la adición del

8,9% de proteína sérica húmeda aumentó a 13% su rendimiento. Concluyendo en la importancia de este tipo de estudios para un mejor rendimiento de producción de las pequeñas empresas.

Conclusiones

Los principales factores que intervienen en la composición final de quesos frescos son el tipo de proteínas lácteas (suero ácido o dulce, caseínas, leche descremada), el tratamiento tecnológico al que fueron sometidas, su origen animal, la forma de adición y las condiciones de temperatura a las que son sometidas. Las proteínas lácteas están íntimamente relacionadas en la formación de los coágulos y la firmeza de los quesos y pueden desnaturalizarse al someterse a tratamientos térmicos.

Los indicadores de eficiencia tecnológica en la elaboración de quesos frescos son el rendimiento y la sinéresis, así mismo, son las variables más utilizadas para poder calificar y dar resultados de mejoras al producto. Un mayor rendimiento es significado de mayor producción y una buena sinéresis indica estabilidad (relación proteína/agua) física del queso.

Los principales tipos de proteínas lácteas utilizadas en la elaboración de quesos frescos son la caseína y la proteína de suero, las cuales tienen como principal característica la formación de coágulos mediante el tratamiento térmico y la activación enzimática para la elaboración quesera.

Los principales usos de la proteína láctea en la industria quesera se derivan del aumento en el rendimiento (producción) de los quesos, tomando en cuenta que de acuerdo con el tipo de proteína utilizada este adquiere características diferentes.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses de ninguna naturaleza.

Referencias bibliográficas

- AGROCALIDAD. (2012). Guía de Buenas Prácticas Pecuarias de Ganadería de Leche. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/guia-de-buenas-practicas-pecuarias-de-ganaderia-de-leche/>
- Ahmad, T., Butt, M. Z., Aadil, R. M., Inam-ur-Raheem, M., Bekhit, A. A.-D., Guimarães, J. T., . . . Cruz. (2019). Impact of nonthermal processing on different milk enzymes. *International Journal of Dairy Technology*, 72(4), 481-495. doi:10.1111/1471-0307.12622
- Alothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M., . . . O'Callaghan, T. F. (2019). The “Grass-Fed” Milk Story: Understanding the Impact of Pasture Feeding on the Composition and Quality of Bovine Milk. *Foods*, 8(8), 350. doi:10.3390/foods8080350
- Arce-Méndez, J. R., Thompson-Vicente, E., y Calderón-Villaplana, S. (2016). Incorporación de la proteína del suero lácteo en un queso fresco. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 61–71. doi:10.15517/am.v27i1.21878
- Aubron, C., Hernandez, M., Lacroix, P., Mafla, H., y Proano, V. (2014). Producción campesina lechera en los países andinos: dinámicas de articulación a los mercados. *SIPAE, Sistema de investigación sobre la problemática agraria del Ecuador; IFEA, Institut français d'études andines*, 222. Obtenido de https://www.avsf.org/public/posts/1667/libro_produccion_campesina_lechera_paises_andinos_avsf_sipae_2014.pdf
- Auestad, N., & Layman, D.K. (2021). Dairy bioactive proteins and peptides: a narrative review. *Nutrition Reviews*. Vol. 79:36–47. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuab097>

- Bittante, G., Amalfitano, N., Bergamaschi, M., Patel, N., Haddi, M. L., Benabid, H., Pazzola, M., Vacca, G.M., Tagliapietra, F., & Schiavon, S. (2022). Composition and aptitude for cheese-making of milk from cows, buffaloes, goats, sheep, dromedary camels, and donkeys. *Journal of Dairy Science*. Vol:105(3):2132–2152. doi: 10.3168/jds.2021-20961.
- Cheese.com. (2022). Cheese varieties. Obtenido de <https://www.cheese.com/alphabetical/>
- CIL. (2015). *La Leche del Ecuador – Historia de la Lechería Ecuatoriana*. Centro de la Industria Láctea del Ecuador. Quito: Efecto Studio. Obtenido de https://e152f73b-81b4-4206-a6ee-8b984b6a13b0.filesusr.com/ugd/6cc8de_48be52bff910412392ce227a705ddc42.pdf
- CIL. (2018). *Datos sector lácteo – Ecuador*. Centro de la Industria Láctea del Ecuador, Quito. Obtenido de https://e152f73b-81b4-4206-a6ee-8b984b6a13b0.filesusr.com/ugd/6cc8de_513a9bb8db76451a9a74586d7902bb3b.pdf
- Codex Alimentarius. (2011). *Leche y Productos Lácteos*. Segunda Edición. FAO/OMS, La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, Roma. Obtenido de http://www.fao.org/tempref/codex/Publications/Booklets/Milk/Milk_2011_ES.pdf
- Cortez, L. J. (2018). *Lechería e industria quesera en la República del Ecuador*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Litoral]. Repositorio Institucional, Santa Fe. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/116>
- Deeth, H. C. (2021). Heat-induced inactivation of enzymes in milk and dairy products. A review. *International Dairy Journal*, 121, 105104. doi: 10.1016/j.idairyj.2021.105104

- ESPAC. (2020). *Boletín Técnico 2019*. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua . Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estudios/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC_2019.pdf
- FAO. (2020). *FAOSTAT. Ganadería procesada*. Food and Agriculture Organization . Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QP>
- FAOSTAT (2022). Producción lechera. Food and Agriculture Organization. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Figuerola-Lozano, S., & De Vos, P. (2019). Relationship Between Oligosaccharides and Glycoconjugates Content in Human Milk and the Development of the Gut Barrier. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 121-139. doi:10.1111/1541-4337.12400
- Foroutan, A., Guo, A. C., Vazquez-Fresno, R., Lipfert, M., Zhang, L., Zheng, J., . . . Wishart, D. S. (2019). Chemical Composition of Commercial Cow's Milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(17), 4897-4914. doi:10.1021/acs.jafc.9b00204
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L., & O'Mahony, J. A. (2015a). Water in Milk and Dairy Products. (C. Springer, Ed.) *Dairy Chemistry and Biochemistry*, 299-320. doi:10.1007/978-3-319-14892-2_7
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L., & O'Mahony, J. A. (2015b). Milk Proteins. (C. Springer, Ed.) *Dairy Chemistry and Biochemistry*, 145-239. doi:10.1007/978-3-319-14892-2_4
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017a). Chemistry of Milk Constituents. (B. M. Springer, Ed.) *Fundamentals of Cheese Science*, 71-104. doi:10.1007/978-1-4899-7681-9_4

- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017b). Cheese: Historical Aspects. (B. M. Springer, Ed.) *Fundamentals of Cheese Science*, 1-10. doi:10.1007/978-1-4899-7681-9_1
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017c). Factors that Affect Cheese Quality. (B. M. Springer, Ed.) *Fundamentals of Cheese Science*, 533-542. doi:10.1007/978-1-4899-7681-9_15
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017d). Whey and Whey Products. (B. M. Springer, Ed.) *Fundamentals of Cheese Science*, 755-769. doi:10.1007/978-1-4899-7681-9_22
- Francolino, S., Locci, F., Ghiglietti, R., Lezzi, R., & Mucchetti, G. (2010). Use of milk protein concentrate to standardize milk composition in Italian citric Mozzarella cheese making. *LWT - Food Science and Technology*, 43(2), 310-314. doi:10.1016/j.lwt.2009.08.007
- Gamlath, C. J., Leong, T. S., Ashokkumar, M., & Martin, G. J. (2020). Incorporating whey protein aggregates produced with heat and ultrasound treatment into rennet gels and model non-fat cheese systems. *Food Hydrocolloids*, 109, 106103. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106103
- Giroux, H.J., Lanouette, G., Britten, M., 2015. Effect of whey protein aggregates of various sizes on the formation and properties of rennet-induced milk gels. *Food Hydrocoll.* 45, 272-278.
- Goulding, D.A., Fox, P.F. & O'Mahony, J.A. (2020) Chapter 2 - Milk proteins: An overview, Editores: Mike Boland, Harjinder Singh, *Milk Proteins (Third Edition)*, Academic Press, Pages 21-98, Massachusetts, Estados Unidos. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815251-5.00002-5>
- Guggisberg, D., Winkler, H., Bütikofer, U., Fröhlich-Wyder, M.-T., Egger, L., Badertscher, R., & Wechsler, D. (2017). Influence of chemical and biochemical characteristics on the texture of

- Appenzeller ® cheese. *International Dairy Journal*, 75, 111-119. doi:10.1016/j.idairyj.2017.08.002
- Henriques, M. H., Gomes, D. M., Pereira, C. J., & Gil, M. H. (2013). Effects of Liquid Whey Protein Concentrate on Functional and Sensorial Properties of Set Yogurts and Fresh Cheese. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 952–963. doi:10.1007/s11947-012-0778-9
- INEN. (2012a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9. Leche cruda. Requisitos. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana, Quito. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/>
- INEN. (2012b). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2624. Leche cruda de cabra. Requisitos. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana, Quito. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/>
- INEN. (2012c). Norma Técnica Ecuatoriana 1528. Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana, Quito. Obtenido de
- Jariyasopit, N., Khamsaeng, S., Panya, A., Vinaisuratarn, P., Metem, P., Asawalertpanich, Visessanguan, W., Sirivatanauksorn, V., & Khoomrung, S. (2021). Quantitative analysis of nutrient metabolite compositions of retail cow's milk and milk alternatives in Thailand using GC-MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97- 103785. doi: 10.1016/j.jfca.2020.103785
- Law, B. A., & Tamime, A. Y. (2010). *Technology of cheesemaking. Volumen 14 de Society of Dairy Technology series* (Segunda Edición ed.). (Wiley, Ed.) Obtenido de <https://books.google.es/books?id=WEn9dR6qPvMC>
- Li, Q., & Zhao, Z. (2019). Acid and rennet-induced coagulation behavior of casein micelles with modified structure. *Food chemistry*, 291, 231-238. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.04.028

- MAG. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. I PARTE*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu183434.pdf>
- Masotti, F., Cattaneo, S., Stuknytè, M., & De Noni, I. (2017). Technological tools to include whey proteins in cheese: Current status and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 102-114. doi:10.1016/j.tifs.2017.04.007
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science & Technology*, 96(2), 133-158. doi:10.1007/s13594-015-0258-x
- Mejía-López, A., Rodas, S., y Baño, D. (2017). La desnaturalización de las proteínas de la leche y su influencia en el rendimiento del queso fresco. *Enfoque UTE*, 8(2), 121-130. doi:10.29019/enfoqueute.v8n2.162
- Méndez, M. M., Albornoz, G. C., y Zambrano, W. B. (2017). Evaluación fisicoquímica del Lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal. *Revista Científica*, 27(3), 149-153. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/959/95952010003.pdf>
- Moatsou, G. (2019). Cheese: Technology, Compositional, Physical and Biofunctional Properties: A Special Issue. *Foods*, 8(10), 512. doi:10.3390/foods8100512
- Montes de Oca-Flores, E., Espinoza-Ortega, A., y Arriaga-Jordán, C. M. (2019). Propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de la leche y características fisicoquímicas del queso Oaxaca tradicional. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(2), 367-378. doi:10.22319/rmcp.v10i2.4291
- Naito, K., Iio, T., Katagi, M., Yasunaga, Y., Ohtsuka, H., & Orino, K. (2020). Binding analysis of bovine milk proteins, especially

- casein interactions and the interaction between α -casein and lactoferrin, using beads immobilised with zinc ion, poly-l-lysine or α -casein. *International Dairy Journal*, 104690. doi:10.1016/j.idairyj.2020.104690
- Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619-627. doi:10.1016/j.nut.2013.10.011
- Priyashantha, H., Lundh, Å., Höjer, A., Hetta, M., Johansson, M., & Langton, M. (2019). Interactive effects of casein micelle size and calcium and citrate content on rennet-induced coagulation in bovine milk. *Journal of Texture Studies*, 50(6), 508-519. doi:10.1111/jtxs.12454
- Rosero, R. B., Bedoya, O. A., España, D. M., y Mora, O. O. (2016). Aumento del rendimiento en queso fresco campesino mediante incorporación de proteínas séricas húmedas/ Yield increase in farmer fresh cheese through incorporation of wet whey proteins. *Pharmacy And Pharmacology. Vitae supl. Supplement* 1, 23, S693-S696. Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/1783660268?accountid=36757>
- Salazar, G. D. (2012). *Estudio del efecto de la incorporación de concentrados de proteínas del suero de quesería en la elaboración de queso fresco con reducido contenido de grasa, para promover un mayor aprovechamiento del suero generado en las queserías del cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua.* [Tesis de masterado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional, Ambato. Obtenido de <http://redi.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/4343>
- SIIPRO. (2015). Plan estrategico integral de agroforestal, pesca y acuicultura en el Ecuador. *Sistema de Informacion Industrial y Productiva*, 314. Obtenido de <http://servicios.produccion.gob.ec/siipro/consultorias.html>

- Sołowiej, B., Cheung, I., & Li-Chan, E. (2014). Texture, rheology and meltability of processed cheese analogues prepared using rennet or acid casein with or without added whey proteins. *International Dairy Journal*, 37(2), 87-89. doi:10.1016/j.idairyj.2014.03.003
- Sołowiej, B., Dylewska, A., Kowalczyk, D., Sujka, M., Tomczyńska-Mleko, M., & Mleko, S. (2016). The effect of pH and modified maize starches on texture, rheological properties and meltability of acid casein processed cheese analogues. *European Food Research and Technology*, 242, 1577-1585. doi:10.1007/s00217-016-2658-4
- Stazionati, M. F. (2019). Kappa caseína, tiempo de coagulación y rendimiento quesero. *Revista Veterinaria Argentina*, 36(370), 1-10. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5644>
- Sulca, F. C. (2019). Efecto de la incorporación de las proteínas séricas en el proceso de queso fresco. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional, Ayacucho. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3408>
- Terán, F. J. (2019). *Análisis del mercado de la leche en Ecuador: factores determinantes y desafíos*. [Tesis de masterado, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/124490>
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of dairy science*. Vol. 90(11):5012–5017.
- Usgame, F., Torres, A. G., y Zambrano, J. M. (2018). Parámetros tecnológicos que afectan la microestructura y actividad lipolítica de quesos. Proyección hacia quesos protegidos bajo denominación de origen: Queso Paipa. *nfometric@-Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 1(2), 1-12. Obtenido de <http://www.infometrica.org/index.php/syh/article/view/33/31>

- Van Hekken, D.L. y Farkye, N. 2003. Hispanic Cheeses: The quest for queso. *Food Technology*. 57:32-38.
- Villegas-Soto, N. R., Díaz-Abreu, J. A., Hernández-Monzón, A. (2017). Evaluación de la eficiencia tecnológica en la elaboración artesanal de queso fresco de coagulación enzimática. *Tecnología Química*, 3, 380-391. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852017000300002
- Zapata, S. C. (2015). *Influencia de la adición del componente proteico lácteo sobre el rendimiento, firmeza y aceptabilidad general en queso fresco*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional, Trujillo. Obtenido de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/1621>



Gestión del Conocimiento y Propiedad Intelectual

**DESARROLLO AGROINDUSTRIAL, UN IMPULSO PARA LA
PRODUCCIÓN ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN**, se publicó en el mes
de abril de 2024 en la Universidad Nacional de Chimborazo.

DESARROLLO AGROINDUSTRIAL

UN IMPULSO PARA LA PRODUCCIÓN
ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN

Este libro es el resultado de 4 contribuciones de 11 autores que, con su experiencia en investigación, aportan con su trabajo en nuevas ideas en el área de la ingeniería agroindustrial. Un gran número de trabajos previos han servido de base para el desarrollo de las diferentes líneas argumentativas de este libro. Desarrollo agroindustrial, un impulso para la producción animal e industrialización tiene como objetivo presentar avances recientes en el área de ingeniería agroindustrial. En el capítulo I se aborda sobre el uso indiscriminado de antibióticos promotores de crecimiento (APC) en la producción animal, que ocasiona daños en la salud pública, puesto que genera una resistencia bacteriana en la población que consuma carne o subproductos cárnicos con residuos de APC, por ello se recomienda el uso de microorganismos eficientes con efecto probiótico. En el capítulo II se orienta a la investigación sobre el calostro, los factores que afectan sobre este y el efecto sobre la salud humana. El capítulo III se enfoca en el uso de probiótica en los animales rumiantes y su efecto sobre los indicadores productivos y la salud. Y finalmente en el capítulo IV se realiza una revisión sobre la calidad fisicoquímica y tecnológica del queso fresco, teniendo en cuenta que los indicadores de eficiencia tecnológica en la elaboración de quesos frescos son el rendimiento y la sinéresis, a mayor rendimiento mayor producción.

El libro se puede usar como referencia base en actividades de investigación de la ingeniería agroindustrial. Los capítulos que conforman el libro se pueden usar como referencias en el estudio de casos y sus metodologías de investigación.



Vicerrectorado de **Investigación,**
Vinculación y Posgrado

Dirección de **Investigación**

Gestión del **Conocimiento y**
Propiedad Intelectual

U Editorial **Unach**

ISBN: 978-9942-661-01-2



ISBN: 978-9942-661-07-4

