

Bacterias patógenas en leche cruda: problema de salud pública e inocuidad alimentaria

Pathogenic bacteria in raw milk: A public health and food safety problem

Fecha recepción: 23 de febrero 2014
Fecha Aprobación: 2 de mayo de 2014

Astrid Maribel Aguilera-Becerra¹, Eliana Ximena Urbano-Cáceres²,
Claudia Patricia Jaimes-Bernal³

Resumen

Artículo de revisión que muestra el panorama global de la situación actual de la presencia de bacterias patógenas en leche cruda, la cual constituye un peligro para la salud de los seres humanos; para este propósito se realizó una búsqueda bibliográfica desde el año 2000 hasta el 2014, utilizando las palabras clave: Inocuidad de los alimentos, Productos lácteos, Inspección de alimentos, Leche, Bacterias gramnegativas y Bacterias grampositivas. El control de calidad de la leche cruda es esencial para la salud humana y la competitividad en los mercados nacional e internacional; debido a lo anterior y a las dinámicas actuales en los mercados es necesario ofrecer a los productores de Boyacá herramientas de análisis que les ayuden a obtener leche de buena calidad, con alto valor nutricional e inocuidad, cumpliendo con las medidas higiénicas y sanitarias establecidas para la región cundiboyacense y el país, lo cual les garantizará, además, mejores beneficios económicos.

Palabras clave: Inocuidad de los Alimentos, Productos Lácteos, Inspección de Alimentos, Leche, Bacterias Gramnegativas, Bacterias Grampositivas.

Abstract

This review paper intends to show the global overview of the current situation of pathogenic bacteria in raw milk, which is a potential risk to human health. For this purpose, we conducted a literature search from 2000 through 2014 using the keywords: Food safety, Dairy products, Food inspection, Milk, Gram-negative bacteria and Gram-positive bacteria. Quality control of raw milk is essential for human health and competitiveness in national and international markets. Therefore, and taking into account the current market dynamics, it is necessary to provide producers in the Department of Boyacá with analysis tools that help obtaining good quality milk with high nutritional value, and that complies with the hygienic and sanitary measures established for the region and the country, which will, guarantee better economic benefits.

Keywords: Food Safety, Dairy Products, Food Inspection, Milk, Gram-Negative Bacteria, Gram-Positive Bacteria.

¹ M.Sc. Universidad de Boyacá (Tunja – Boyacá, Colombia). amaguilera@uniboyaca.edu.co.

² M.Sc. Universidad de Boyacá (Tunja – Boyacá, Colombia). eliurbano@uniboyaca.edu.co.

³ M.Sc. Universidad de Boyacá (Tunja – Boyacá, Colombia). cpjaimes@uniboyaca.edu.co.

Introducción

Según la FAO, la principal tarea de las autoridades de seguridad alimentaria es establecer normas de inocuidad de los alimentos y asegurar que los sistemas internos de control, operados por productores, procesadores y comerciantes de alimentos, sean adecuados y que se cumplan estas normas (1).

La insalubridad de los alimentos ha representado un problema de salud para los humanos desde los albores de la historia, y muchos de los problemas actuales en esta materia no son nuevos. Aunque los gobiernos de todo el mundo se están esforzando al máximo por aumentar la salubridad del suministro de alimentos, la existencia de enfermedades de transmisión alimentaria y de zoonosis sigue siendo un problema de salud significativo tanto en los países desarrollados como en los países en vía desarrollo.

La OMS calcula que cada año mueren 1,8 millones de personas como consecuencia de enfermedades diarreicas atribuidas, en su mayoría, a la ingesta de agua o alimentos contaminados. Dicha organización es consciente de la necesidad de concienciar a los manipuladores de alimentos sobre sus responsabilidades respecto de la inocuidad de estos (2).

Uno de los problemas de salud pública más importantes en el mundo lo constituyen las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), que pueden afectar a la población en general, y en las cuales pueden estar potencialmente involucrados diversos agentes biológicos, físicos y químicos (3).

La leche no es ajena al problema de insalubridad de alimentos anteriormente mencionado, desde hace miles de años la leche de vaca ha sido parte de la dieta humana, y es considerada un alimento vital en el desarrollo y crecimiento de los seres humanos, (4). En 2011, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) (5) reportó que el 48,7% de los colombianos entre 5 y 64 años de edad consumen diariamente leche líquida, siendo este uno de los productos más importantes en la canasta familiar; la leche cruda es utilizada como materia prima para la producción de derivados lácteos de alto consumo en la población, como es el caso de los quesos artesanales (Ver Tabla I) (6).

Tabla I. Consumo per cápita en Colombia en los últimos cinco años.

Año	Consumo aparente (litros/hab/año)
2010	139
2011	140
2012	141
2013	141
2014	143

Fuente: Fedegan

Se puede señalar que la calidad higiénica de la leche cruda es el efecto de las condiciones del entorno de la vaca en el momento del ordeño; en consecuencia, la contaminación encontrada se debe a las malas prácticas de higiene en la rutina de ordeño, las cuales favorecen el aumento de bacterias patógenas que afectan la calidad e inocuidad del producto.

La producción de leche se hace con la expresa intención de proporcionar un alimento de alto valor nutritivo para el ser humano (ver Tabla II). Cada día se reconocen las cualidades de este producto en la alimentación de niños, adultos y personas de la tercera edad. Pero para que la leche cumpla con esas expectativas nutricionales debe reunir una serie de requisitos que definen su calidad: composición fisicoquímica, cualidades organolépticas y número de microorganismos presentes; todos ellos señalados por la legislación vigente de cada país.

En la cadena de producción de la leche, desde la finca hasta el consumidor final, es necesario cuidar todos aquellos factores que, si no se manejan adecuadamente, van a provocar deterioro del producto, con pérdidas incalculables, puesto que la leche, por ser un producto altamente perecedero, debe ser manejado correctamente desde su obtención hasta su consumo. Cada país establece parámetros mínimos permitidos en cuanto a flora bacteriana, al igual que controles de transporte y manipulación (7).

Tabla II: Composición nutricional de la leche.

COMPOSICIÓN	LECHE DE VACA
Grasa (%)	3.6
Sólidos no grasos (%)	9.0
Lactosa (%)	4.7
Proteína (%)	3.2
Albúmina, Globulina (%)	0.6
N no proteico (%)	0.2
Cenizas (%)	0.7
Calorías/100 mL	69

Fuente: (8).

Cuando la leche se obtiene en condiciones higiénicas, y procede de vacas sanas, contiene microorganismos provenientes de la ubre y de los conductos galactóforos(8), y una vez extraída puede contaminarse en cada una de las etapas de la cadena productiva; dentro de los factores de contaminación exógena, se encuentran las heces del animal, el medioambiente, los utensilios usados durante el proceso de ordeño, los tanques de almacenamiento, el transporte y la comercialización, así como la higiene del manipulador y el agua utilizada para los procesos de lavado y desinfección en las etapas de ordeño (9). Cuando se ordeñan vacas enfermas, ya sea con manifestaciones clínicas o subclínicas, la leche puede venir contaminada vía endógena, con microorganismos patógenos tales como *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* (10). Teniendo en cuenta este fundamento, la leche es un alimento altamente propenso a la contaminación y puede convertirse en un vehículo eficiente para la diseminación al ser humano de patógenos transmitidos por los alimentos, así como de zoonosis que generan enfermedades altamente prevalentes (11); en fin, la leche es un alimento de alto riesgo y, por ende, uno de los de mayor impacto en la salud pública, por lo cual su producción y comercialización son objeto de una regulación que propugna su calidad e inocuidad, que se ven amenazadas desde el ordeño hasta que llega al consumidor final por peligros biológicos y químicos. La inadecuada manipulación de la leche cruda y las malas prácticas de ordeño en la producción primaria, así como la carencia o insuficiencia de enfriamiento de la leche cruda, lleva al crecimiento microbiano en menor tiempo, poniendo en riesgo a la población consumidora. Uno de los peligros más relevantes que se relacionan con el consumo de leche es la presencia de microorganismos patógenos que pueden causar alteración microbiológica en este alimento y generar ETA.

La contaminación de los alimentos genera para los países un costo adicional, puesto que deben tratar a las personas que presenten ETA, que en algunos casos puede llegar a ser mortal; costos que serían mucho más bajos si existieran políticas encaminadas a mejorar la calidad de los alimentos (12).

Teniendo en cuenta lo anterior y reconociendo la importancia que tiene el consumo de leche cruda, asociado con brotes de ETA, este artículo

de revisión pretende mostrar el panorama global de la situación actual de la presencia de bacterias patógenas en leche cruda, así como actualizar a los sectores productivos sobre la problemática existente, exponiendo los principales riesgos y problemas de salud pública que abarcan la presencia de bacterias patógenas en leche cruda.

Metodología

Se realizó una búsqueda exhaustiva para evidenciar la presencia de bacterias patógenas en leche cruda y su impacto en la salud humana por consumirla. Para seleccionar los estudios fueron consultadas bases bibliográficas como Pubmed, a través del centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), SciELO y Web de Ciencia. Fue estipulado un límite en las fechas de las publicaciones desde el año 2004 hasta el año 2014, utilizando los siguientes descriptores: Inocuidad de los Alimentos, Productos Lácteos, Inspección de Alimentos, Leche, Bacterias Gramnegativas, Bacterias Grampositivas. Se obtuvieron los siguientes resultados: Food Safety and Dairy Products: 3712; Food Safety and Food Inspection: 1370; Food Safety and Milk: 3715; Food Safety and Gram-Negative Bacteria: 7354; Food Safety and Gram-Positive Bacteria: 6106; Dairy Products and Food Inspection: 142; Dairy Products and Milk: 22025; Dairy Products and Gram-Negative Bacteria: 1708; Dairy Products and Gram-Positive Bacteria: 3734; Food Inspection and Milk: 140; Food Inspection and Gram-Negative Bacteria: 273; Food Inspection and Gram-Positive Bacteria: 167; Milk and Gram-Negative Bacteria: 2057; Milk and Gram-Positive Bacteria: 3782.

Fueron considerados artículos originales y de revisión, en inglés y español, y excluidos los metaanálisis, los artículos que probaban métodos para aislamiento de bacterias patógenas y los artículos que no seguían rigor metodológico, según las directrices de PRISMA, STROBE y STARD. Finalmente fueron seleccionados un total de 62 artículos para consolidar la presente revisión.

Resultados y Discusión

Carga microbiana presente en leche cruda. La leche, por sus características físico-químicas y nutricionales, es un medio favorable para el crecimiento y la multiplicación de microorganismos patógenos, y puede llegar a convertirse en un

vehículo para la transmisión de enfermedades a las personas. Los microorganismos patógenos causantes de zoonosis pueden llegar a la leche a través de la glándula mamaria, independiente de si la vaca muestra signos de enfermedad durante

el ordeño (13). Así mismo, la leche cruda puede contaminarse en cualquiera de las etapas, durante su obtención, almacenamiento y comercialización, con microorganismos patógenos (ver Tabla III).

Tabla III. Microorganismos en leche cruda.

MICROORGANISMOS PATÓGENOS GENERADORES DE ALERTAS ALIMENTARIAS	MICROORGANISMOS FACILITADORES DE FERMENTACIÓN LÁCTICA	MICROORGANISMOS QUE CAUSAN DETERIORO EN EL ALIMENTO
<i>Escherichia coli</i>	<i>Lactococcus sp.</i>	<i>Pseudomonas sp.</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Clostridium sp.</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Streptococcus sp.</i>	<i>Bacillus sp.</i>
<i>Salmonella spp.</i>	<i>Propionibacterium sp.</i>	
<i>Campylobacter jejuni</i>		
<i>Bacillus cereus</i>		
<i>Yersinia enterocolitica</i>		
<i>Brucella abortus</i>		
<i>Streptococcus agalactiae</i>		

Fuente: (14-17).

Las bacterias patógenas presentes en leche pueden provenir de fuentes exógenas y endógenas, y desarrollan actividades tales como facilitar las fermentaciones lácteas, que actúan como potencializadoras de dichos procesos fermentativos, o deteriorar el alimento, por ejemplo, los lactobacilos y las bifidobacterias, causantes de enfermedad y generadores de alertas alimentarias en salud pública (18).

Se abordarán una a una las principales bacterias patógenas encontradas en leche cruda, iniciando por el género *Listeria sp.*, que presenta dos especies bacterianas consideradas patógenos comunes de alimentos: *L. monocytogenes* y *L. ivanovii* (19-21). *Listeria monocytogenes* es una bacteria cuya presencia en los alimentos se ha convertido en un problema de salud pública, debido a la gravedad de su sintomatología en diferentes grupos de riesgos y a sus grandes habilidades de crecer en condiciones extremas; este microorganismo es capaz de contaminar una amplia gama de alimentos, entre los que se encuentran la leche cruda y sus derivados listos para el consumo (22); es un bacilo Gram positivo, asporógeno, aerobio y anaerobio facultativo. *L. monocytogenes* está subdividida en serotipos basados en los antígenos somático (O) y flagelar (H); se han identificado 13

serotipos de *L. monocytogenes* (1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b, 4c, 4d, 5, 6a, y 6b); a pesar de su amplia distribución en la naturaleza, solo 3 serotipos (1/2a, 1/2b y 4b) se han reportado en infecciones humanas (19). La incidencia de brotes de listeriosis transmitida por los alimentos ha señalado la necesidad de una detección fiable y rápida del microorganismo en distintos productos alimenticios (23).

Bacillus cereus, otra bacteria patógena presente en leche (24, 25), puede producir dos enterotoxinas: la toxina diarreica y la toxina emética, que dan lugar a dos formas clínicas distintas de intoxicación alimentaria. El síndrome emético es producido por una toxina preformada y termoestable, al igual que la de *S. aureus*, y el síndrome diarreico, por el contrario, es producido por la ingestión de alimentos inadecuadamente refrigerados. Para la detección de *B. cereus* en leche se recomienda el procedimiento estándar en placa, de la FDA (Centro de regulación de alimentos y bebidas de los Estados Unidos, 2003) (26).

Una de las bacterias patógenas más comunes y responsable de la mayoría de enfermedades transmitidas por alimentos es *Escherichia coli* (*E. coli*); este grupo concentra una diversidad

de serovares, y solo unos pocos son patógenos para los humanos por vía alimentaria (45); pueden diferenciarse serológicamente con base en los antígenos somáticos (O), flagelares (H) y capsulares (K). Las cepas de *E. coli* que causan la enfermedad diarreica son clasificadas en grupos específicos basados en su virulencia, síntomas clínicos, mecanismos de patogenicidad y serogrupos; estas son *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* de adherencia difusa (DAEC), *E. coli* enteroagregante (EAEC) y *E. coli* enterohemorrágica (EHEC). Dentro de este grupo, EHEC es la más importante por su impacto en salud pública. De estas, *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enterotoxigénica (ETEC) y *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) son las más frecuentemente involucradas en ETA (27, 28).

La intoxicación alimentaria también puede generarse por bacterias del género *Salmonella sp.*, que pertenece a la familia Enterobacteriaceae (20). Las serovariedades de *Salmonella sp.* son diferenciadas por los antígenos de superficie somático (O) y flagelar (H) (29, 30). La clasificación de *Salmonella sp.* descrita actualmente sigue la propuesta por Le Minor y Popoff, 1987 (31), Reeves et al., 1989 (32) y Tindall et al., 2005 (33). Actualmente, *Salmonella* está dividida en dos especies: *Salmonella enterica* y *Salmonella bongori* (34). *Salmonella enterica* está dividida en seis subespecies.

Por su parte, la intoxicación alimentaria estafilocócica es causada por la ingestión de enterotoxinas estafilocócicas (SES), producidas principalmente por cepas enterotoxigénicas de *Staphylococcus aureus*; las cepas de este microorganismo producen un grupo de enzimas y citotoxinas que incluyen 4 hemolisinas (alfa, beta, gamma y delta), nucleasas, proteasas, lipasas, hialuronidasas y colágenas. La principal función de estas proteínas es convertir tejidos del huésped en nutrientes requeridos para el desarrollo bacteriano (35-37). Algunas cepas producen una o más exoproteínas adicionales, que incluyen toxina del shock tóxico estafilocócico (TSST-I), toxina exfoliativa (ETA y ETB), leucocidina y enterotoxinas estafilocócicas (SE): SEA, SEB, SECn, SED, SEE, SEG, SEH y SEI; este grupo de toxinas representan un peligro potencial para los consumidores (38).

En cuanto a *Campylobacter sp.*, consta de 17 especies, 4 de las cuales se han dividido

adicionalmente en 8 subespecies (39). Se reconoce a *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli* como las principales especies asociadas a enfermedades transmitidas por alimentos (20); el principal mecanismo de patogenicidad es la invasión de la mucosa intestinal, en forma similar a como lo hace *Shigella sp.*; la invasión de la lámina propia se observa tanto a nivel del intestino delgado como del colon, y el resultado es generalmente una enterocolitis inespecífica, que puede incluir los siguientes hallazgos: degeneración y atrofia glandular, pérdida de la producción de mucus, abscesos de las criptas y ulceración de la mucosa epitelial. En otros casos, las características patológicas son similares a las observadas en infecciones por *Salmonella sp.* o *Shigella sp.* Parece evidente que el lipopolisacárido de la pared bacteriana, con actividad endotóxica típica, desempeña un rol central en el daño inflamatorio. Aunque se han reconocido una toxina termo-lábil similar a la de *Vibrio cholerae* y varias citotoxinas, la producción in vivo e in vitro de estas parece de bajo nivel, por lo que se duda que tenga alguna significación en la patogenicidad. Se cree que *Campylobacter sp.* puede jugar un papel en el Síndrome de Guillain-Barré, por un mecanismo que involucraría la similitud entre el ácido siálico de algunos antígenos O y los gangliósidos humanos (40).

Finalmente, otro microorganismo patógeno presente en leche cruda es *Yersinia enterocolitica* (41), que tiene más de 57 serogrupos. Sin embargo, las cepas patógenas humanas más frecuentemente aisladas en todo el mundo pertenecen a los serogrupos O: 3, O: 5,27, O: 8 y O: 9. La principal vía de infección por *Y. enterocolitica* es a través de alimentos contaminados. La patogenicidad primaria es la colonización del tracto intestinal. Una de las principales características de las cepas patógenas de esta especie consiste en la presencia de un plásmido de 70 a 75 Kpb (miles de pares de bases), denominado pYV (de *Yersinia virulence plasmid*), cuyos productos incluyen a las proteínas YadA y Yops, esenciales en su virulencia (42).

Panorama internacional

Para proteger la salud humana, hoy en día las autoridades de inocuidad de alimentos se enfrentan a muchos desafíos, que hace años eran en gran parte poco probables. En el año 2011, *Escherichia coli* O104: H4 ha sido aislado de

muestras de leche cruda en Alemania, España y Egipto, especialmente, obteniendo cepas que se caracterizan por presentar resistencia a la mayoría de los antibióticos. En Polonia, solo tres casos se han reportado de enfermedad transmitida por alimentos y causada por *Escherichia coli* O104:H4. Otro patógeno de aparición en Estados Unidos es *Yersinia enterocolitica*. La presencia en los alimentos de estos microorganismos patógenos no es nueva, pero sigue siendo un problema importante de salud pública debido a su alta toxicidad para los humanos (34).

En los Estados Unidos se realizaron estudios de fincas lecheras que fueron monitoreadas por el Sistema Nacional de Salud Animal, en las cuales se determinó la presencia de bacterias patógenas tales como *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* y *E. coli*, que causan enfermedades e infectan las vacas lecheras; estos patógenos se encuentran presentes ocasionalmente en la leche cruda, y los brotes de enfermedades humanas debidas a estos microorganismos se han asociado con el consumo de leche cruda. Se han realizado análisis en Reacción en Cadena de la Polimerasa en tiempo real para determinar la presencia de *S. enterica* y formas patógenas de *E. coli*, y por técnicas de cultivo para la presencia de *L. monocytogenes* (43). Así mismo, estudios realizados por Pereira *et al.* en este país confirma que el consumo de alimentos representa un riesgo sanitario poblacional (44).

Garedew L *et al.*, en el año 2012, realizaron un estudio de corte transversal para determinar la presencia de bacterias Gram-negativas en la leche cruda destinada a la alimentación humana; dicha investigación se desarrolló durante los meses de octubre de 2010 y mayo de 2011 en la ciudad de Gondar (Etiopía); las muestras de leche fueron recolectadas en las fincas y monitoreadas en el transporte desde la producción hasta el consumo, donde se presume se encuentra una fuente de contaminación potencial. El muestreo de la leche se realizó en fincas de pequeños productores, las cooperativas lecheras y una planta procesadora de leche. Los procedimientos de higiene aplicados durante el ordeño se evaluaron desde la recogida de la leche, el transporte, la pasteurización y el almacenamiento. Los resultados del estudio mostraron que la contaminación de la leche cruda almacenada en contenedores primarios de las fincas productoras se debió a las malas prácticas de higiene en la preparación previa al ordeño,

a la higiene deficiente de los manipuladores de la leche y a las prácticas sanitarias deficientes asociadas al uso de los equipos de ordeño y almacenamientos transitorios. En este estudio se identificaron 54 especies bacterianas diferentes, pero las bacterias patógenas Gram-negativas más importantes identificadas fueron *Escherichia coli* (29,6%), *Pseudomonas aeruginosa* (18,5%) y *Klebsiella pneumoniae* (16,7%) (11).

En Nueva Zelanda demostraron la aparición de los agentes patógenos no formadores de esporas, tales como *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Listeria sp.*, *Campylobacter sp.* y *Salmonella spp.* Los resultados indicaron que la leche cruda contiene, inevitablemente, patógenos reconocidos y, por tanto, el control de la pasteurización o un tratamiento equivalente de la leche cruda sigue siendo primordial. Aun así, la prevalencia de la mayoría de estos patógenos fue menor que la reportada en estudios realizados en otros países (45).

En países como Italia, la seguridad de la leche cruda que se vende se ha investigado en relación con los parámetros de calidad, higiene y presencia de bacterias patógenas tales como *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter termotolerantes* y *Escherichia coli* O157:H7. Todos los patógenos investigados fueron detectados en las máquinas expendedoras, donde el 5% tenían al menos un patógeno (46). Se ha determinado la presencia de *E. coli* en leche cruda, y evidenciado que su consumo genera un impacto en la salud humana, puesto que, dependiendo de los serotipos encontrados, estas cepas podrían causar enfermedades tales como colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico (EHEC) (37). En este mismo país se revelaron hábitos de los consumidores relacionados con el consumo de leche cruda que aumentan el riesgo de infección: 37% de los consumidores no hierven la leche antes de su consumo, el 93% nunca usaron una bolsa térmica para el transporte de la leche cruda y la leche cruda fue consumida por menores de 5 años de edad. Los resultados de prevalencia de microorganismos patógenos transmitidos por consumo de leche curda fueron: *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 y *Campylobacter jejuni*. Estos resultados ponen de manifiesto que los controles de los productos finales por sí solos no son suficientes para garantizar un nivel adecuado de protección de los consumidores (47).

Una gran preocupación existe en México, puesto que el consumo de quesos frescos artesanales es muy popular en la población, y la materia prima para su realización es precisamente la leche cruda, situación que genera riesgo potencial para la salud pública de este país, puesto que no existen políticas que garanticen prácticas seguras en fabricación y preservación de productos derivados de la leche cruda (48).

La microbiota bacteriana presente en la leche cruda y sus derivados lácteos en Dinamarca fue analizada mediante secuenciaciones de amplificación etiquetadas en las regiones V3 y V4 del 16S rDNA y cDNA; detectaron una alta diversidad de especies de bacterias en leche cruda tales como *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus rhamnosus*. Las bacterias pertenecientes a los géneros *Staphylococcus sp.*, *Escherichia sp.* fueron también detectadas (49).

Investigaciones respecto a la presencia de bacterias patógenas en leche cruda, quesos y productos cárnicos en Etiopía reportan como principal microorganismo a *Salmonella sp.* (50). Por otra parte, en Portugal se ha encontrado *L. monocytogenes* contaminando el 15% de los alimentos, tales como leche cruda y sus derivados listos para el consumo (51, 52).

En Minnesota, la leche cruda ha sido identificada como fuente de brotes de ETA. Los análisis de datos de vigilancia obligatoria que implican las enfermedades causadas por patógenos entéricos durante los años 2001-2010 revelaron que el 3,7 % de los pacientes con infecciones entéricas esporádicas adquiridas en el país habían notificado un consumo de leche cruda durante su período de exposición (53).

La calidad de la leche cruda de vaca en Finlandia es conocida por su alto nivel de higiene; el recuento total de bacterias allí está dentro de lo aprobado por la normatividad legal vigente. Existen prevalencias de bacterias tales como *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter sp.* y *Estafilococos coagulasa positivos* (54).

Los pequeños agricultores urbanos son responsables de la producción de leche en Tanzania, y el 95% de la oferta nacional de leche se vende sin regulación. Schoder D. et al. reportan la presencia

de *Salmonella*, *E. coli enterohemorrágica O157:H7* y *Listeria monocytogenes* en leche cruda; además, detectaron coliformes en el 41% (17 de 41) de las muestras de leche procesada, indicando así una alta tasa de recontaminación. Una disminución progresiva de la calidad microbiana a lo largo de la cadena de producción de leche se atribuyó a las desviaciones de los métodos tradicionales, los envases de leche inadecuados, largas distancias de transporte, la falta de refrigeración, y la falta de un entendimiento básico de higiene (55).

Panorama nacional

Desde 1994 hasta el 2014 se han documentado estudios sobre aislamiento de *Listeria spp.* y *L. monocytogenes*, en el departamento de Antioquia, en el altiplano Cundiboyacense y en los municipios de Cali, Madrid y Mosquera. En este lapso se analizaron productos derivados de la leche cruda, tales como quesos frescos, semimaduros, maduros, doble crema, blancos y cuajada, así como su materia prima; allí se comprobó la capacidad de supervivencia de *L. monocytogenes* en superficies inertes, y se reportaron incidencias de ella del 37%. Así mismo, en el 2003 se reportó una incidencia de 29,2% del patógeno en quesos campesinos comercializados en Bogotá (56).

En el departamento de Antioquia se han analizado varios factores implicados en la contaminación por agentes externos de la leche cruda y que pueden ser controlados en el momento del ordeño, tales como el agua que se utiliza para lavar las ubres de las vacas y los utensilios del ordeño; se ha evidenciado que el lavado con agua de alta calidad es esencial para reducir la contaminación microbiana de la leche (57). En este mismo departamento, en el año 2014, Ramírez Vásquez et al. determinaron que los microorganismos predominantes aislados productores de mastitis subclínica fueron *Streptococcus agalactiae* (34,4%), *Corynebacterium spp.* (13,2%) y *Staphylococcus aureus* (8,0%) (17). Estos mismos autores, en el año 2011, habían reportado presencia de bacterias patógenas de 648 cultivos de muestras de leche, de las cuales el 23,9% fueron negativas, el 34% positivas a *Streptococcus agalactiae*, y 10,2% a *Estafilococo coagulasa negativo* (58).

Aunque algunas de las enfermedades transmitidas por alimentos no son consideradas de interés en salud pública, no existen reportes epidemiológicos

debido al subregistro clínico e industrial; la mayoría de casos clínicos no se diagnostican. La ausencia de reportes podría estar relacionada con una frecuencia baja de la enfermedad, como sucede en otros países, o con el hecho de que la patología ha sido poco investigada y que puede confundirse fácilmente con una gastroenteritis por otros agentes (3).

Datos de dos estudios para *Brucella spp.* fueron similares, mostrando una prevalencia entre 13,23% y 15,8% en leche cruda (59, 60). En cuanto a *L. monocytogenes*, Vanegas y Martínez (2008) encontraron los serotipos 4b/4d y 4e en leche sin pasteurizar, lo cual podría indicar que en el país circula el serotipo 4b, responsable del 98% de los casos de listeriosis humana en el mundo (61, 62).

Boyacá es un departamento lechero, pero aún no ha establecido una Norma Técnica Colombiana (NTC) que estipule el protocolo de manejo de leches crudas; se reporta allí una incidencia del 16% de presencia de bacterias patógenas, tales como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella spp.*, aproximadamente (62); por este motivo es importante establecer prevalencias que demuestren la presencia del microorganismo y así evidenciar el riesgo en el que se encuentra la población potencial consumidora de dicho alimento (59).

Conclusiones

La presencia de microorganismos contaminantes causa grandes pérdidas en la ganadería lechera; la proliferación de microorganismos en la glándula mamaria de las vacas es la causa de la presentación de mastitis y, por tanto, de la disminución en la calidad de la leche producida, lo cual se refleja en los beneficios económicos, pues se pierden bonificaciones o se da lugar a ser penalizados.

La calidad higiénica de la leche cruda es el efecto de las condiciones de la vaca y de su entorno en el momento del ordeño; la contaminación encontrada se debe a las malas prácticas de higiene en la rutina de ordeño, tales como el secado de los pezones con trapos sucios y la deficiente desinfección antes y después del ordeño, que favorecen el aumento de los recuentos de bacterias patógenas que afectan la calidad e inocuidad del producto. Mejorar las actividades relacionadas con la rutina de ordeño

garantiza la calidad de la leche, cumpliendo así con las normas establecidas.

En este contexto, es importante precisar que algunos de los problemas que afectan la competitividad del sector lácteo colombiano pueden deberse a la falta de análisis y evaluación microbiológica del producto, entre otros factores. El control de calidad de la leche cruda es un elemento esencial de la competitividad, y va desde el ordeño hasta la disposición final; además, constituye un eje estratégico para la participación en los mercados nacional e internacional; debido a las dinámicas actuales en los mercados, es necesario ofrecer a los productores lecheros herramientas que les ayuden a obtener leche de buena calidad, cumpliendo con las medidas higiénicas y sanitarias establecidas para la región y el país, con el objeto de obtener mejores beneficios económicos.

Referencias

- (1) Slorach S. *Enfoques integrado para la gestión de la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria*. Foro Mundial FAO/OMS de las Autoridades de Reglamentación sobre Inocuidad de los Alimentos. 2002: 28-30.
- (2) Organization WH. *Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos*. 2006.
- (3) Torres K, Sierra S, Potou R, Carrascal A, Mercado M. Patogenesis de *Listeria monocytogenes*, microorganismo zoonótico emergente. *Revista MVZ Córdoba*. 2005; 10 (1).
- (4) Braun-Fahrlander C, von Mutius E. Can farm milk consumption prevent allergic diseases? Clinical and experimental allergy. *Journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology*. 2011; 41(1): 29-35.
- (5) Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. *Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia 2010: ENSIN*. Oficina Asesora de Comunicaciones y Atención al Ciudadano ICBF Bogotá; 2011.
- (6) Lusk TS, Ottesen AR, White JR, Allard MW, Brown EW, Kase JA. Characterization of microflora in Latin-style cheeses by next-generation sequencing technology. *BMC microbiology*. 2012; 12:254.
- (7) Rural MdAyD. *Decreto 616 de 2006*.

- (8) Stilwell W. *Origin and seasonal variation of bacterial contamination of milk*. 2003.
- (9) Molineri AI, Signorini ML, Cuatrín AL, Canavesio VR, Neder VE, Russi NB et al. Association between milking practices and psychrotrophic bacterial counts in bulk tank milk. *Revista Argentina de Microbiología*. 2012; 44(3): 187-94.
- (10) Brisabois A, Lafarge V, Brouillaud A, De Buyer M, Collette C, Garin-Bastuji B, et al. Pathogenic organisms in milk and milk products: the situation in France and in Europe. *Revue Scientifique et Technique* (International Office of Epizootics). 1997; 16(2): 452-71.
- (11) Garedew L, Berhanu A, Mengesha D, Tsegay G. Identification of gram-negative bacteria from critical control points of raw and pasteurized cow milk consumed at Gondar town and its suburbs, Ethiopia. *BMC public health*. 2012; 12:950.
- (12) Wierup M, Widell S. Estimation of costs for control of Salmonella in high-risk feed materials and compound feed. *Infection Ecology & Epidemiology*. 2014; 4.
- (13) Oliver SP, Boor KJ, Murphy SC, Murinda SE. Food safety hazards associated with consumption of raw milk. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2009; 6(7): 793-806.
- (14) Murinda SE, Nguyen LT, Ivey SJ, Gillespie BE, Almeida RA, Draughon FA, et al. Molecular characterization of Salmonella spp. isolated from bulk tank milk and cull dairy cow fecal samples. *Journal of Food Protection*. 2002; 65(7): 1100-5.
- (15) Oliver SP, Jayarao BM, Almeida RA. Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2005; 2(2): 115-29.
- (16) Srinivasan V, Sawant AA, Gillespie BE, Headrick SJ, Ceasar L, Oliver SP. Prevalence of enterotoxin and toxic shock syndrome toxin genes in Staphylococcus aureus isolated from milk of cows with mastitis. *Foodborne Pathogens & Disease*. 2006; 3(3): 274-83.
- (17) Ramírez NF, Keefe G, Dohoo I, Sánchez J, Arroyave O, Cerón J, et al. Herd- and cow-level risk factors associated with subclinical mastitis in dairy farms from the High Plains of the northern Antioquia, Colombia. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(7): 4141-50.
- (18) Quigley L, O'Sullivan O, Stanton C, Beresford TP, Ross RP, Fitzgerald GF, et al. The complex microbiota of raw milk. *FEMS Microbiology Reviews*. 2013; 37(5): 664-98.
- (19) Bell C, Kyriakides A. *Listeria: Una aproximación práctica al microorganismo y su control en los alimentos*. Acribia; 2000.
- (20) Doyle MP, Beuchat LR, Montville TJ. *Microbiología de los alimentos: fundamentos y fronteras*. Acribia; 2001.
- (21) Vázquez-Boland JA, Kuhn M, Berche P, Chakraborty T, Domínguez-Bernal G, Goebel W, et al. Listeria pathogenesis and molecular virulence determinants. *Clinical Microbiology Reviews*. 2001; 14(3): 584-640.
- (22) Barmpalia I, Geornaras I, Belk K, Scanga J, Kendall P, Smith G et al. Control of Listeria monocytogenes on frankfurters with antimicrobials in the formulation and by dipping in organic acid solutions. *Journal of Food Protection*®. 2004; 67(11): 2456-64.
- (23) Erdosi O, Szakmar K, Reichart O, Szili Z, Laszlo N, Szekely Kormoczy P et al. Rapid detection of Listeria monocytogenes in raw milk and soft cheese by a redox potential measurement based method combined with real-time PCR. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2014; 62(3): 304-16.
- (24) Martínez-Blanch J, Sánchez G, Garay E, Aznar R. Evaluation of phenotypic and PCR-based approaches for routine analysis of Bacillus cereus group foodborne isolates. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2011; 99(3): 697-709.
- (25) Vilas-Boas G, Peruca A, Arantes O. Biology and taxonomy of Bacillus cereus, Bacillus anthracis, and Bacillus thuringiensis. *Canadian Journal of Microbiology*. 2007; 53(6): 673-87.
- (26) FDA. *Bacteriological Analytical Manual*. Chapter 14: Bacillus cereus. 2003.
- (27) FDA. *Bacteriological Analytical Manual*. Chapter 4a. Diarrheic E. coli. 2009.

- (28) Nataro JP, Kaper JB. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*. 1998; 11(1): 142-201.
- (29) Kim WJ, Hahn T-W, Kim D-Y, Lee M-G, Jung K-S, Ogawa M, et al. Seroprevalence of *Coxiella burnetii* infection in dairy cattle and non-symptomatic people for routine health screening in Korea. *Journal of Korean Medical Science*. 2006; 21(5): 823-6.
- (30) Lagatolla C, Dolzani L, Tonin E, Lavenia A, Di Michele M, Tommasini T, et al. PCR ribotyping for characterizing *Salmonella* isolates of different serotypes. *Journal of Clinical Microbiology*. 1996; 34(10): 2440-3.
- (31) Le Minor L, Popoff MY. Designation of *Salmonella enterica* sp. nov., nom. rev., as the Type and Only Species of the Genus *Salmonella*: Request for an Opinion. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1987; 37(4): 465-8.
- (32) Reeves M, Evins G, Heiba A, Plikaytis B, Farmer JJ. Clonal nature of *Salmonella typhi* and its genetic relatedness to other salmonellae as shown by multilocus enzyme electrophoresis, and proposal of *Salmonella bongori* comb. nov. *Journal of Clinical Microbiology*. 1989; 27(2): 313-20.
- (33) Tindall B, Grimont P, Garrity G, Euzéby J. Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2005; 55(1): 521-4.
- (34) Prokaryotes JCoTLCoSo. The type species of the genus *Salmonella* Lignieres 1900 is *Salmonella enterica* (ex Kauffmann and Edwards 1952) Le Minor and Popoff 1987, with the type strain LT2T, and conservation of the epithet *enterica* in *Salmonella enterica* over all earlier epithets that may be applied to this species. Opinion 80. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2005; 55(1): 519-20.
- (35) Dinges MM, Orwin PM, Schlievert PM. Exotoxins of *Staphylococcus aureus*. *Clinical Microbiology Reviews*. 2000; 13(1): 16-34.
- (36) Gordon RJ, Lowy FD. Pathogenesis of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection. *Clinical Infectious Diseases*. 2008; 46 (Supplement 5): S350-S9.
- (37) Le Loir Y, Baron F, Gautier M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genet Mol Res*. 2003; 2(1): 63-76.
- (38) Bianchi DM, Ingravalle F, Adriano D, Gallina S, Gramaglia M, Zuccon F et al. Reproducibility study for the detection of *Staphylococcal enterotoxins* in dairy products between official Italian national laboratories. *Journal of Food Protection*. 2014; 77(6): 999-1004.
- (39) Hansson I. *Bacteriological and epidemiological studies of campylobacter spp. in Swedish broilers*. Department of Biomedical Sciences and Veterinary Public Health, Swedish University of Agricultural Sciences; 2007.
- (40) Penner J. The genus *Campylobacter*: a decade of progress. *Clinical Microbiology Reviews*. 1988; 1(2): 157-72.
- (41) Montville T, Matthews K. *Microbiología de los alimentos: introducción*. 2005.
- (42) Fabrega A, Vila J. *Yersinia enterocolitica*: pathogenesis, virulence and antimicrobial resistance. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2012; 30(1): 24-32.
- (43) Van Kessel JA, Karns JS, Lombard JE, Koprál CA. Prevalence of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* virulence factors in bulk tank milk and in-line filters from U.S. dairies. *Journal of Food Protection*. 2011; 74(5): 759-68.
- (44) Pereira RV, Bicalho ML, Machado VS, Lima S, Teixeira AG, Warnick LD et al. Evaluation of the effects of ultraviolet light on bacterial contaminants inoculated into whole milk and colostrum, and on colostrum immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science*. 2014.
- (45) Hill B, Smythe B, Lindsay D, Shepherd J. Microbiology of raw milk in New Zealand. *International Journal of Food Microbiology*. 2012; 157(2): 305-8.
- (46) Giacometti F, Serraino A, Finazzi G, Daminelli P, Losio MN, Arrigoni N, et al. Sale of raw milk in northern Italy: food safety implications and comparison of different analytical methodologies for detection of foodborne pathogens. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2012; 9(4): 293-7.

- (47)Giacometti F, Bonilauri P, Serraino A, Peli A, Amatiste S, Arrigoni N *et al.* Four-year monitoring of foodborne pathogens in raw milk sold by vending machines in Italy. *Journal of Food Protection*. 2013; 76(11): 1902-7.
- (48)Torres-Vitela MR, Mendoza-Bernardo M, Castro-Rosas J, Gomez-Aldapa CA, Garay-Martinez LE, Navarro-Hidalgo V, *et al.* Incidence of Salmonella, Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157:H7, and Staphylococcal enterotoxin in two types of Mexican fresh cheeses. *Journal of Food Protection*, 2012; 75(1): 79-84.
- (49)Masoud W, Vogensen FK, Lillevang S, Abu Al-Soud W, Sorensen SJ, Jakobsen M. The fate of indigenous microbiota, starter cultures, Escherichia coli, Listeria innocua and Staphylococcus aureus in Danish raw milk and cheeses determined by pyrosequencing and quantitative real time (qRT)-PCR. *International Journal of Food Microbiology*, 2012; 153(1-2): 192-202.
- (50)Addis Z, Kebede N, Worku Z, Gezahegn H, Yirsaw A, Kassa T. Prevalence and antimicrobial resistance of Salmonella isolated from lactating cows and in contact humans in dairy farms of Addis Ababa: a cross sectional study. *BMC Infectious Diseases*, 2011; 11: 222.
- (51)Al-Holy M, Lin M, Rasco B. Destruction of Listeria monocytogenes in sturgeon (Acipenser transmontanus) caviar by a combination of nisin with chemical antimicrobials or moderate heat. *Journal of Food Protection*. 2005; 68(3): 512-20.
- (52)Wallace FM, Call JE, Porto AC, Cocoma GJ, Luchansky JB. Recovery rate of Listeria monocytogenes from commercially prepared frankfurters during extended refrigerated storage. *Journal of Food Protection*. 2003; 66(4): 584-91.
- (53)Robinson TJ, Scheffel JM, Smith KE. Raw milk consumption among patients with non-outbreak-related enteric infections, Minnesota, USA, 2001-2010. *Emerging Infectious Diseases*. 2014; 20(1): 38-44.
- (54)Ruusunen M, Salonen M, Pulkkinen H, Huuskonen M, Hellstrom S, Revez J, *et al.* Pathogenic bacteria in Finnish bulk tank milk. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2013; 10(2): 99-106.
- (55)Schoder D, Maichin A, Lema B, Laffa J. Microbiological quality of milk in Tanzania: from Maasai stable to African consumer table. *Journal of Food Protection*. 2013; 76(11): 1908-15.
- (56)Schobitz R, Marín M, Horzella M. Presencia de Listeria monocytogenes en leche cruda y quesos frescos artesanales. *Agro Sur*. 2001; 29(2): 114-9.
- (57)Rodríguez DC, Pino N, Penuela G. Microbiological quality indicators in waters of dairy farms: detection of pathogens by PCR in real time. *The Science of the Total Environment*. 2012; 427-428: 314-8.
- (58)Ramírez N, Henao OA, Muñoz MFC, Jaramillo MG, Cerón J, Baena LGP. Factores asociados a mastitis en vacas de la microcuenca lechera del altiplano norte de Antioquia, Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. 2011(22): 31-42.
- (59)Vásquez FCM, Martínez GR, Mancera VMM, Ávila LEO, Vargas MR. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha (departamento de Boyacá). *Revista de Medicina Veterinaria*. 2007(14): 61-83.
- (60)Vergara Collazos D, Torres MF, González FE, Lasso Sambony N, Ortega Muñoz C. Prevalencia de brucelosis en la leche cruda de bovinos expandida en el municipio de Popayán, Cauca, septiembre-diciembre 2006. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2008; 6.
- (61)López MCV, MartínezLeón AJ. Serotipificación molecular de cepas colombianas de listeria monocytogenes. *Alimentos Hoy*. 2011; 13(13): 3-9.
- (62)Rueda A. *Utilización de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en tiempo real para determinar la incidencia de Listeria monocytogenes en leches crudas en el departamento de Boyacá*. [Tesis de maestría]. Bogotá, Colombia: Universidad de Los Andes; 2005.