



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

EVALUACION DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE CAPRINA

- INFORME FINAL -

2018-2019



RESUMEN EJECUTIVO

La Dirección Nacional Láctea (Secretaría de Agroindustria) solicitó a la RSA-CONICET la realización de una evaluación de riesgos de las producciones de quesos artesanales a baja escala, con el objetivo de trabajar en la actualización de los requisitos higiénico-sanitarios para los establecimientos que elaboran pequeños volúmenes, en una Guía de Buenas Prácticas de elaboración y un programa para promoción de buenas prácticas. Como consecuencia, se realizó una convocatoria de expertos en producción primaria caprina, sanidad animal, calidad de leche y queso, y tecnología de elaboración de quesos caprinos artesanales, con el fin de: aportar toda la información disponible sobre los tópicos mencionados, para realizar una evaluación de riesgos de los quesos artesanales elaborados con leche de cabra, y también, redactar el presente informe.

Una vez conformado el grupo de trabajo, se realizó una revisión de los antecedentes, desde la producción primaria hasta su comercialización. Luego, se conformó una base con datos de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero, La Rioja y Buenos Aires, y se describió el perfil productivo de estos sistemas y cada una de las etapas de elaboración de quesos caprinos artesanales. Finalmente, analizando la información recopilada, se seleccionó a *Escherichia coli*, como microorganismo indicador para la evaluación de riesgos ya que, éste se asocia a la falta de higiene durante la obtención de productos lácteos y, además, se disponía de datos de indicadores relacionados.

La evaluación cuantitativa de riesgos implica estimar el riesgo al que se exponen los consumidores de quesos artesanales elaborados con leche caprina, de sufrir una infección por algún microorganismo patógeno (*E. coli* en este modelo) de acuerdo a la realidad nacional. La cadena agroalimentaria de producción de quesos artesanales utilizando leche de cabra fue modelada a partir de la información generada en nuestro país. Si bien existe información relevante para realizar este modelado, la evaluación no está exenta de limitaciones, tales como: carencia de información sobre la concentración de *E. coli* en leche cruda y en quesos, y se desconoce la proporción de *E. coli* capaz de generar efectos adversos en la salud.

No se encontraron datos epidemiológicos de registro nacional sobre brucelosis y tuberculosis; solo trabajos de investigación. Por tanto, se estima que los rodeos no se encuentran controlados en su totalidad y, en consecuencia, no es posible descartar

la presencia de dichas enfermedades en los establecimientos. Algunas cuencas cuentan con protocolos de control de majadas para la producción de caprinos.

Los establecimientos de producción de leche son, en su mayoría, sistemas extensivos, de majadas mixtas y la elaboración de quesos está a cargo de los mismos dueños de las majadas. La infraestructura es escasa, con corrales (tierra) en donde se realiza el ordeño en la mayoría de los casos, la mecanización es baja. En general no han implementado protocolos de limpieza u ordeño; aunque existe una herramienta de gestión de la inocuidad para tambos caprinos (Guía MILC). Los indicadores de calidad microbiológica como coliformes totales y recuento de aerobios mesófilos, muestran amplios rangos de variación, polarizando en buena y mala, la calidad de la leche.

Los quesos de cabra son elaborados artesanalmente con tecnología tradicional, sustentable y agrega valor en origen, ocupando un rol estratégico en la seguridad alimentaria de la población en territorios alejados. Por otra parte, por las características organolépticas particulares de estos quesos y tecnología sin agentes químicos, se posicionaron en diferentes mercados. No obstante, el presente trabajo permitió evidenciar que los establecimientos no cuentan con infraestructura óptima ni con protocolos de inocuidad acordes con el tipo de elaboración tradicional.

La comercialización de los quesos es, en su mayoría, informal; por no contar con reglamentaciones para este sector en las cuales apoyarse técnicamente para asegurar inocuidad. El intercambio de experiencias, permitió concluir que extrapolar normativas de sistemas bovinos pampeanos, no han dado buenos resultados en estos sistemas de montaña y/o regiones áridas, por diferentes razones. Sin embargo, hay algunos pocos establecimientos (por lo general intensivos), próximos a centros urbanos, que adaptaron con éxito las normativas vigentes para bovinos.

En este contexto, se evaluó la probabilidad de una infección por *E. coli* debido al consumo de quesos artesanales elaborados con leche caprina, la cual, fue estimada en 25,72%. También, a partir del modelo, se pudo establecer que el 44,7% de los quesos tendrían niveles detectables de *E. coli* (>100 UFC/g) y que el 35,9% de los quesos superaría el umbral máximo permitido por el CAA (5000 UFC/g). Por lo tanto, los quesos de cabra presentan una elevada probabilidad de no ser aptos para el consumo humano y tienen cierto riesgo de generar efectos adversos en los consumidores.

Además, se pudo identificar los cinco puntos que más influyen en el riesgo de infección con *E. coli*. Estos fueron la prevalencia de *E. coli* en leche cruda, la

pasteurización de la leche cruda, el tiempo de almacenamiento de los quesos, la concentración del patógeno en la leche cruda y la recontaminación durante el proceso de elaboración. Estos puntos son los más relevantes, de acuerdo con la evaluación de riesgos, para iniciar el proceso de control de inocuidad.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	2
DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD	6
CONFORMACIÓN DEL GRUPO AD HOC “QUESOS ARTESANALES”, SUB GRUPO CAPRINO	6
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	7
C1) Revisión de antecedentes	7
C2) Conformación de base de datos.....	8
C3) Evaluación de riesgos de quesos artesanales elaborados con leche caprina..	8
RESULTADOS	8
Evaluación de riesgos.....	8
Perfil productivo de los elaboradores de queso artesanal de cabra	9
Caracterización agroeconómica de las zonas de producción artesanal de quesos de cabra	10
Procedimiento para la evaluación de riesgos de quesos artesanales caprinos	12
<i>Etapas 1: Estado sanitario de los rodeos lecheros</i>	<i>13</i>
<i>Etapas 2: Producción de leche: caracterización de los lugares de extracción de leche.....</i>	<i>19</i>
<i>Etapas 3: Calidad de la materia prima</i>	<i>23</i>
<i>Etapas 4: Elaboración de quesos</i>	<i>28</i>
<i>Etapas 5: Caracterización final de los quesos</i>	<i>34</i>
<i>Etapas 6: Comercialización del producto</i>	<i>38</i>
Evaluación cuantitativa de riesgos	39
Resultados de la evaluación cuantitativa de riesgos	43
CONCLUSIONES FINALES	46
Limitaciones del informe	46
Conclusiones	46
Agradecimientos	48
REFERENCIAS	49
ANEXO I	53
ANEXO II	55

GRUPO *AD HOC* “QUESOS ARTESANALES” SUBGRUPO CAPRINO

Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas

INFORME FINAL

EVALUACION DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE CAPRINA

DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (Secretaría de Gobierno de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo), a través de la Dirección Nacional Láctea, solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación de riesgos de las producciones de quesos artesanales de baja escala a efectos de mejorar la sanidad e inocuidad de los alimentos.

CONFORMACIÓN DEL GRUPO *AD HOC* “QUESOS ARTESANALES”, SUB GRUPO CAPRINO

Una vez conformado el grupo *ad hoc* de Quesos Artesanales se definió dividir en dos subgrupos de acuerdo al tipo de ganado y se conformó el subgrupo *ad hoc* de Quesos artesanales con leche caprina, constituido por investigadores con experiencia en diferentes aspectos del sistema de producción caprino.

Coordinador:

Lourdes Leonor Del Castillo, AER INTA-Cafayate (Bioquímica, Dra. en Cs. Veterinaria UNLP, Esp. Microbiología de Alimentos)

Integrantes:

Carla Rebeca Méndez, AER INTA-Chepes (Ing. Agr., Mg. Desarrollo Rural, Esp. Diseño Estratégico de Tecnologías para el Desarrollo Inclusivo Sustentable)

Claudia Beatriz Dome, Fac. Cs. Agr. UNMDP-Balcarce (Lic. Cs. Tec. Alim., Mg. Rel. Com. Int., Especialista en políticas agroalimentarias)

Héctor Sergio Cortez, AISA IIACS INTA-Salta (Med. Vet., Dr. Cs. Tec. Inn. Agrop., Diag. Brucelosis bovina y caprina)

Irene Albertina Rubel, Investigadora de CONICET y docente de la FAA y FIO, UNICEN (Dra. Cs. y Tec. Alimentos, Quesos y alimentos funcionales)

Lorena Arminda Mignino, UIB-Unidad Integrada FCA-UNMDP-INTA-Balcarce (Lic. Cs. Tec. Alimentos, Dra. UNLP, Calidad y tecnología de leche y productos lácteos)

Marcelo Lisandro Signorini, CONICET, EEA INTA-Rafaela (Med. Vet., Mg. Cs. Vet., Dr. Biotec., Esp. Epidemiología)

Martha Susana Núñez de Kairúz, CONICET CERELA-Tucumán (Bioquímica, Dra. UNT, Diseño y formulación de fermentos para productos lácteos fermentados)

Mónica Silvina Chavez, EEA INTA-Salta (Ing. Qca. UNSa, Dra. Ing. Qca. UNL, Lic. Psicología Social, Tecnología de los alimentos)

Nancy Alejandra Torres, EEA INTA-Salta (Lic. Biol., Esp. Microbiología de Alimentos)

Silvia Orosco, EEA INTA-Salta, (Ing. Qca. UNSa, Tecnología de los alimentos)

Silvina Saldaño, AER INTA-Simoca, Tucumán (Ing. Zoot., Mg. Desarrollo Rural, Especialización en caprinos)

Colaboradores:

Elsa Patricia Chagra Dip, EEA INTA-Salta (Ing. Zoot., M. Sc. Producción animal, Esp. Rumiantes menores)

Marcelo Nicolás López, EEA INTA-Salta (Lic. Biotec., doctorando en tecnología de los alimentos)

Ricardo Rodríguez, CIPCES, INTA. (Médico Veterinario, MSc, Investigador senior, Tecnólogo, Especialista en seguridad alimentaria y calidad de alimentos).

Silvana Cecilia Ruiz, EEA INTA- Santiago del Estero (Ing. Alim., Esp. Valor agregado en origen)

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

C1) Revisión de antecedentes

Se realizaron reuniones virtuales para acordar los lineamientos de trabajo con todos los participantes del grupo.

Se buscó, subió y compartió toda la información publicada disponible, en relación a 5 aspectos del sistema de producción artesanal de quesos caprinos, definidos por los

participantes del grupo y consideradas como relevantes: Producción primaria (punto donde se incluye Sanidad Animal), Calidad de materia prima, Tecnología quesera, Calidad de producto final y Contexto social/cultural/económico.

C2) Conformación de base de datos

Se propuso trabajar completando una tabla con diferentes aspectos de producción, para realizar en cada punto la caracterización y descripción de los detalles, que *a priori*, se consideraran importante para la evaluación de riesgo del sistema caprino y a su vez indicando los peligros/indicadores asociados en cada etapa de producción. Cada investigador aportó de acuerdo a su experiencia y región geográfica de trabajo.

Se elaboró un cuadro de datos numéricos con parámetros relevantes en cada etapa de la producción artesanal de quesos de cabra. Se aportó información de las provincias productoras, las cuales en algunos casos se diferenciaron en distintas regiones agroecológicas o cuencas lecheras. Estas provincias son: Salta, Jujuy, Tucumán, La Rioja, Santiago del Estero, Córdoba y Buenos Aires.

En estas tablas se colocaron diferentes aspectos relacionados a la producción primaria, a la materia prima obtenida y a la elaboración de los quesos caprinos que afectan directa o indirectamente la inocuidad del producto final.

C3) Evaluación de riesgos de quesos artesanales elaborados con leche caprina

Con los datos aportados se realizó un modelo de evaluación de riesgos de los quesos artesanales elaborados con leche caprina y se escribió el presente informe.

RESULTADOS

Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos en inocuidad alimentaria es la estimación (cualitativa o cuantitativa) de la probabilidad de que una persona adquiera una enfermedad debido al consumo de un alimento contaminado. Permite, además de estimar el riesgo, identificar las etapas de la cadena agroalimentaria con mayor impacto en la probabilidad de ocurrencia del evento adverso, aportar evidencias científicas que contribuyan a establecer medidas de gestión del riesgo y elaborar escenarios sobre el impacto que tendrían dichas medidas sobre el riesgo evaluado.

La calidad de la evaluación de riesgos estará íntimamente ligada a la calidad y cantidad de información disponible. La variabilidad e incertidumbre presentes en los

modelos de riesgos deben considerarse y tenerse en cuenta a la hora de interpretar sus resultados.

Perfil productivo de los elaboradores de queso artesanal de cabra

La producción caprina para elaboración de quesos tanto en los valles semiáridos del NOA y en casi todo el centro-oeste del país, es una actividad ancestral, extensiva y de baja productividad que está destinada al autoconsumo o mercadeo regional del queso. Adicionalmente, el turismo es un nicho de mercado de relevancia del queso artesanal ya que este queso es adquirido y apreciado por sus cualidades típicas. Dentro de esta producción existen familias elaboradoras de queso caprino que disponen de cierta intensificación en el manejo de los animales y utilizan insumos adquiridos en centros urbanos alejados de su lugar de elaboración, y que adoptan cambios propuestos por asistentes técnicos del territorio, con el fin de buscar mejorar calidad y niveles productivos. La mayoría de los sistemas de producción responden a la estructura producción de leche (ordeño manual a corral) y elaboración del queso, todo en el mismo predio familiar. El producto de venta obtenido es el queso artesanal elaborado con tecnología propia y representan el 90% de los productores de quesos caprinos de la Argentina. Si bien no hay cifras oficiales del número de unidades familiares que comprenden este grupo productivo, se estima que superan las 3000 familias.

El término tambo-quesería será utilizado para definir los sistemas de producción artesanal donde se ordeña y elabora queso en un mismo predio, el cual no se asemeja al tambo bovino, en donde “tambo”, puede remitir a recursos técnicos (ordeñadoras mecánicas, o infraestructura edilicia específica), que no son frecuentes en las producciones artesanales. En la producción caprina, el tambo hace referencia al corral donde se realiza el ordeño. Sin embargo, el término tambo-quesería fue introducido por primera vez en un documento Regional (Salta-Jujuy) redactado por técnicos de diferentes instituciones, que dio lugar al material para SENAF (2016).

La estructura tambo-quesería también contiene producciones intensivas que se encuentran distribuidas en forma aislada en La Pampa, Buenos Aires y Entre Ríos. En estos casos, las tecnologías queseras suelen ser reproducciones de las traídas por los colonos europeos, y cuentan con máquinas ordeñadoras.

Por otro lado, en algunos casos en Santiago del Estero, Córdoba y La Rioja, los productores además de producir leche y queso para autoconsumo y venta de

excedente, abastecen a diversas plantas regionales elaboradoras de quesos. En estos productores, la leche fluida es el único producto para el acopio o venta. Se destaca con este perfil productivo, la cuenca del Norte de Córdoba, en la cual la leche remanente se colecta y destina a leche en polvo. En este caso, la recolección y traslado de la leche es un punto estratégico para asegurar la inocuidad del producto. Estas estructuras suelen tener impases productivos debido a la estacionalidad de obtención de leche, condicionada por las características agroecológicas (falta de agua y de forraje).

Otro perfil de producción de leche caprina que se distribuye más uniformemente a lo largo del país, son las explotaciones intensivas, de 50 a 200 animales en ordeño, que elaboran quesos y derivados, principalmente cuajada congelada, la que remiten a plantas lácteas de pequeña y mediana escala que comercializan productos de tipo *gourmet* en grandes centros urbanos. El número de estas producciones ha cambiado significativamente en los últimos 15 años, disminuyendo notablemente, siendo en la actualidad unas pocas.

Las posibilidades de alcanzar a la formalidad comercial del queso de cabra artesanal en la actualidad, depende de las posibilidades del acceso a servicios (agua, electricidad), medios de comunicación, rutas, tecnología y escala de elaboración utilizada. Aquellos emprendimientos que toman tecnologías desarrolladas para bovinos (luego adaptadas) y están ubicados próximos a los centros urbanos (con fácil acceso a servicios), pueden alcanzar la formalidad comercial y cumplir con los requisitos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA). Mientras que, los sistemas artesanales de zonas alejadas a centros urbanos y que cuentan con limitantes estructurales, han quedado desprovistos de herramientas de control para el aseguramiento de la inocuidad durante el procesamiento de leche, así como del crecimiento comercial sostenido. Por lo antes expuesto, este estudio toma como población objeto a los sistemas queseros artesanales con tecnologías ancestrales diferenciales y diferentes a las descriptas en el CAA.

Caracterización agroeconómica de las zonas de producción artesanal de quesos de cabra

La diversidad climática que caracteriza al Norte Argentino, es un factor que condiciona esta actividad. En una mirada amplia, es posible considerar cinco grandes

zonas agroecológicas según análisis de Bravo *et al.* (1999), en las que se realiza la producción de leche y queso:

- **Valles y bolsones con oasis de riego y ganadería menor**, que se caracterizan por tener muy bajas precipitaciones anuales (<200mm anuales) y amplitud térmica marcada y temperatura anual promedio de 12 °C. Esta zona abarca en la provincia de Salta, el Valle Calchaquí y parte alta de las quebradas del Toro y Escoipe; en Tucumán, los valles de Amaicha y Tafí; en Catamarca desde el valle de Santa María hasta Belén; y en Jujuy, la quebrada de Humahuaca.

- **Valles de producción intensiva**, con clima templado y precipitaciones que van de 400 a 1000 mm anuales y temperaturas promedio entre 11 °C en invierno a 20 °C en verano. Comprende principalmente el valle de Lerma en Salta y el valle de Trancas en Tucumán, con un clima semiárido y precipitaciones anuales de 400 a 500 mm.

- **Chaco ganadero** que se caracteriza por poseer en la época de producción de queso altas temperaturas, pasando los 40 °C en el mes de enero, teniendo un promedio de 36 °C, con precipitaciones que varían de 350 a 700 mm anuales promedio. El área productora de quesos de los llanos riojanos, suele presentar gran amplitud térmica con mañanas y tardes más frescas y las precipitaciones se concentran justamente en verano y rondan los 350 mm anuales. A su vez, en Santiago del Estero (Choya), la temperatura promedio de marzo a julio es de 15,5 °C y entre octubre a enero es de 26,4 °C, con precipitaciones estivales desde 500 a 700 mm.

- **Umbral al Chaco con cultivos de secano extensivos** que presenta un régimen de lluvias estival, de 600 a 800 mm anuales y elevadas temperaturas en verano. En esta zona encontramos cuencas lecheras caprinas en Tucumán (Dpto. Graneros) y el oeste de Santiago del Estero (Guasayán, Dpto. Río Hondo).

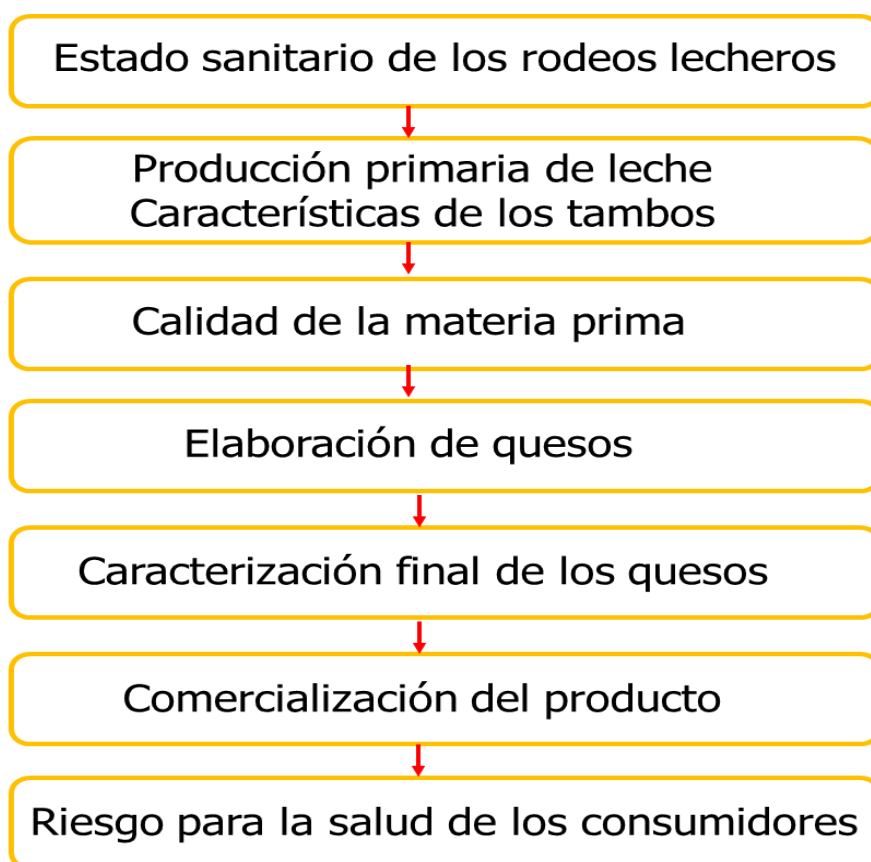
- **Laderas orientales de la Puna y Sierras Subandinas y Pampeanas con ganadería y forestales (Yungas)**: Se localizan en Salta y Jujuy, a su vez se identifican dos áreas: la silvo-pastoril en cabecera de cuenca y la de eriales intermontanos. Cada una con referencias sobre precipitaciones y vegetación diferentes. La zona silvo-pastoril cuenta con selva-montana y pastizales de altura, se suceden en altura y son colectores de agua. Los eriales intermontanos, presentan precipitaciones del orden de los 400 mm, sin agua superficial y relieve colinado. En esta zona, encontramos las cuencas productoras de queso de Quebrada del Toro, Quebrada de Escoipe, Vaqueros-La Caldera en Salta y León, Yala y Bárcena en Jujuy.

Las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Santiago del Estero son las que presentan mayor producción de quesos caprinos. Con una producción más reducida se encuentran las provincias de La Rioja, Catamarca y Córdoba. Otras provincias, como es el caso de Buenos Aires, tienen pequeñas zonas productoras como la cuenca Mar y Sierras, con un clima fresco, temperatura promedio de 14,6 °C y precipitaciones de 630 mm anuales. Particularmente en Salta y Jujuy, hay dos zonas productoras caprinas, pero solo una (Valles y bolsones con oasis de riego y ganadería menor), es en la que se elabora el queso artesanal en estudio en este documento.

Procedimiento para la evaluación de riesgos de quesos artesanales caprinos

Inicialmente, se procedió a realizar un diagrama de flujo de las etapas involucradas en la producción de quesos artesanales, elaborados con leche caprina que guiará en el proceso de construcción del modelo estadístico de evaluación cuantitativa del riesgo.

Figura 1: Diagrama de flujo de las etapas del proceso de elaboración y de la evaluación de riesgos de quesos artesanales elaborados con leche caprina



A continuación, se analizan en detalle cada etapa del proceso y se evalúa la información disponible, la cual fue recopilada por los miembros del grupo *ad hoc*.

Etapas 1: Estado sanitario de los rodeos lecheros

Entre las enfermedades zoonóticas de mayor presencia que afectan el ganado caprino, se encuentra la brucelosis. Se cuenta con una revisión bibliográfica muy exhaustiva sobre la prevalencia de brucelosis en rodeos caprinos (Robles *et al.*, 2014). Si bien la información surge de estudios realizados por diferentes grupos de investigación y no como parte de un programa de vigilancia epidemiológica montado para evaluar la dinámica de la enfermedad en este tipo de rodeos, resulta de gran utilidad para dimensionar el problema y evaluar su potencial impacto sobre la salud de los consumidores de quesos artesanales.

La brucelosis caprina es una enfermedad infecto-contagiosa de distribución mundial, de curso crónico, causada por alguno de los tres biovarios de *Brucella melitensis*, siendo el biovar 1 el que predomina en Argentina. Esta enfermedad tiene alto impacto en la producción caprina, causando abortos tardíos en cabras, orquitis y artritis en los machos cabríos, entre otros síntomas. Además, constituye una importante zoonosis, ya que el humano se contagia la enfermedad, por contacto directo (ya sea por vía oral, conjuntival, respiratoria y epidérmica), por el estrecho contacto que existe entre la familia y los animales en este tipo de producción, o bien de manera indirecta por consumo de leche cruda y productos lácteos derivados que contengan dicha bacteria patógena.

La información disponible (Robles *et al.*, 2014), muestra que la distribución de la infección por *Brucella melitensis* en caprinos en el país es heterogénea, presentándose regiones de alta prevalencia, otras de baja y media prevalencia, y otras libres de brucelosis, mientras que en algunas provincias no se dispone de datos. En general, las regiones con alta prevalencia coinciden con registros de ocurrencia histórica de casos de brucelosis en humanos (Ministerio de Salud, 2006).

En la Tabla 1 se muestra la prevalencia de brucelosis en los rodeos caprinos de diferentes provincias y los muestreos no diferencian si los rodeos son lecheros o de carne. No obstante, la información es de suma utilidad ya que permite tener una dimensión del problema y el grado de extensión del mismo a lo largo de la geografía nacional (Robles *et al.*, 2014).

Tabla 1: Prevalencia de brucelosis (animal) a nivel provincial (Robles *et al.*, 2014)

Provincia	Animales muestreados (n)	Animales positivos (n)	Prevalencia estimada (%) Media (IC95%) ¹
Jujuy	1.521	0	0,06 (0,00 – 0,20)
Salta	8.052	638	7,93 (7,40 – 8,50)
Tucumán	17769	78	0,45 (0,40 – 0,50)
Catamarca	6.107	612	10,03 (9,30 – 10,80)
La Rioja	27.228	818	3,01 (2,80 – 3,20)
Santiago del Estero	7.935	0	0,01 ($6,43 \times 10^{-4}$ – 0,04)
Formosa	26.897	1.893	7,04 (6,70 – 7,30)
Chaco	828	38	4,70 (3,40 – 6,20)
Córdoba	17.919	57	0,32 (0,20 – 0,40)
Corrientes	752	0	0,13 (0,00 – 0,50)
Entre Ríos	593	0	0,17 (0,00 – 0,60)
Buenos Aires	1.878	0	0,05 (0,00 – 0,20)
La Pampa	2.817	7	0,28 (0,10 – 0,50)
Mendoza	10.561	537	5,09 (4,70 – 5,50)
San Juan	4.691	158	3,39 (2,90 – 3,90)
San Luis	17.414	364	2,10 (1,90 – 2,30)
Neuquén	831	0	0,12 (0,00 – 0,40)
Río Negro + Chubut + Santa Cruz + Tierra del Fuego	60	2	4,84 (1,00 – 11,30)
TOTAL	153.853	5.202	3,38 (3,30 – 3,50)

¹ Estimación Bayesiana de la prevalencia a partir de datos de muestreo empleando distribuciones Beta

El número de animales positivos para brucelosis en cada provincia fue obtenido a partir de consolidar la información de varios muestreos realizados en cada jurisdicción. En algunas provincias solo se contó con un muestreo (por ej. Neuquén), mientras que en otros casos el número de estudios llegó a ser de siete (por ej. Salta). La prevalencia, tanto por provincia como general, se estimó mediante una aproximación Bayesiana a través de una distribución Beta. Esta información es utilizada posteriormente para ponderar este microorganismo frente a otros patógenos, con el fin de seleccionar el más conveniente para esta evaluación de riesgo.

La mayoría de los estudios no han abarcado provincias completas, sino solo algunos departamentos de las mismas, por lo que no se puede tener certeza de la distribución de la enfermedad a nivel de provincias. No obstante, además de ser la única información disponible, es un buen reflejo del estatus sanitario de la enfermedad a nivel provincial y nacional.

Respecto a la metodología de los muestreos, son pocos los estudios que se han realizado siguiendo un diseño estadístico, por lo que sus resultados no pueden ser, en todos los casos, extrapolados al resto del departamento, región o provincia donde se realizara dicho estudio. Además, las técnicas diagnósticas utilizadas para la detección de brucelosis caprina han sido diversas y en la mayoría de los estudios no se explicita de qué manera fueron realizadas y cuáles fueron los títulos de corte tomados en aquellas pruebas cuyo resultado se expresa en forma cuantitativa. A pesar de esto, puede inferirse de estos trabajos que la brucelosis caprina está distribuida en forma heterogénea en el país. Esta información muestra que provincias con importante tradición caprina, presentan en promedio, elevada prevalencia de brucelosis. Es importante reconocer que la actividad cabrera del país puede tener como destino leche, carne y/o fibra. Particularmente en Salta, es necesario considerar que la zona productora quesera (Valles Áridos de Altura-Yungas y Valles Templados) no reviste presencia de esta patología durante años de relevamientos (Tabla 2); en cambio en la zona Chaqueña, lindante con las provincias de Formosa y Chaco, presenta valores de prevalencia altos. Particularmente, los Departamento San Martín y Rivadavia, del Chaco silvoganadero salteño, presentan valores de prevalencia media de 6,86 (IC 95: 2,78 - 17,24) y 24,5% (IC: 0,69 - 66,7), respectivamente (Comunicación personal Cortez, H.S., EEA-INTA Salta, 2015). Es importante aclarar que, la producción caprina de esta región no es del tipo lechera-quesera, sino principalmente cárnica, de

autoconsumo, y/o venta y suelen proveer de cabritos destinados a faena al norte de Córdoba para ser comercializados en diferentes lugares turísticos.

Entonces, es importante mencionar que, para evitar confusiones y dar precisión a la información utilizada en este estudio, se construyó la Tabla 2 donde se muestra la prevalencia de brucelosis en los rodeos caprinos de diferentes regiones asociadas a cuencas lecheras-queseras relevadas en este informe, donde encontramos en el NOA, los valles áridos, los valles templados y yungas de Salta (Robles *et al.*, 2014); la cuenca de Taco Ralo (departamento Graneros), la cuenca Tapia-Trancas y Tafí y Amaicha del Valle, de Tucumán; y los departamentos de Guasayán y Choya en Santiago del Estero; todas ellas, sin presencia de reactores serológicos positivos. Por lo tanto, con ausencia de brucelosis o 0% de prevalencia (Robles *et al.*, 2014). En particular, en Tucumán los últimos 10 años se trabajó en Taco Ralo -Graneros- en la erradicación de la enfermedad y cuenta con ocho establecimientos acreditados a majada controlada para brucelosis y tuberculosis, siguiendo normativas adaptadas a productores caprinos con producción característica del NOA en el marco del plan provincial de control y erradicación de brucelosis y tuberculosis de Tucumán. El último muestreo epidemiológico a nivel provincial realizado por SENASA, mostró un 0% de prevalencia a nivel provincial (dato no publicado, comunicación personal Rodríguez, 2017).

La única zona quesera con detecciones positivas fue La Rioja, considerada zona endémica de brucelosis, especialmente en los departamentos de Gral. Ocampo, Chamental, Famatina y Quiroga, que se han definido como zona de prevalencia alta, alcanzando un 5% en Gral. Ocampo (2010), incluso con casos en humanos en este departamento (Robles *et al.*, 2014).

En el caso de Buenos Aires, toda la provincia fue estudiada no habiendo surgido en ninguna muestra reactores positivos sobre las muestras estudiadas. Los seis establecimientos queseros relevados cuentan con control sanitario y sin detección de brucelosis hasta el momento.

Tabla 2: Prevalencia de brucelosis en las regiones queseras relevadas

Provincia	Región	Animales muestreados (n)	Animales positivos (n)	Prevalencia estimada (%) Media (IC95%) ¹
Salta	Valles y bolsones con oasis de riego y	5800	0	0,0 (0 – 0,1)

	ganadería menor			
	Valles de producción intensiva	262	0	0,38 (0,01 -1,39)
	Yungas	8750	0	0,01 (0,00 – 0,04)
Tucumán	Umbral al Chaco con cultivos de secano extensivos	3367	0	0,03 (0,00 – 0,11)
	Valles y bolsones con oasis de riego y ganadería menor	418	0	0,24 (0,01 – 0,88)
	Valle de producción intensiva	441	0	0,23 (0,01 – 0,83)
Santiago del Estero	Umbral al Chaco con cultivos de secano extensivos y Chaco ganadero	2215 350	0 0	0,04 (0,00 – 0,17)
La Rioja	Llanos Riojanos (Chaco ganadero árido)	12107 4912	123 245	1,02 5,0
Buenos Aires	Mar y Sierra	920	0	0,11 (0,00 – 0,40)

¹Estimación Bayesiana de la prevalencia empleando distribuciones Beta

De acuerdo a un estudio realizado por el Instituto de Enfermedades Infecciosas Dr. Carlos Malbrán (Ministerio de Salud, 2006), durante el período 1994-2005 se aislaron de casos humanos 126 cepas de *Brucella mellitensis* en nuestro país, siendo las principales provincias de origen de los aislamientos: Mendoza (n= 41), Buenos Aires (n= 32), Salta (n= 22), Catamarca (n= 10), Córdoba (n= 6), Jujuy, La Rioja y San Juan (n= 3 en cada una) y Tucumán (n=2). La distribución de cepas de *B. mellitensis* se ajusta al patrón de actividad caprina, reforzando la idea de que esta enfermedad tiene un origen básicamente ocupacional (ligado a la actividad pecuaria) o derivado del consumo de productos lácteos elaborados con leche caprina. No obstante, dado que no se tiene acceso a estudios de casos, no es posible asociar los enfermos a una o varias fuentes potenciales de infección.

Un estudio realizado por Chavez *et al.* (2011) destaca que el 63% de los productores encuestados en los Valles Áridos y Quebradas del Noroeste argentino

afirmó no aplicar vacunaciones. Sin embargo, entre los que sí aplican, el mayor porcentaje se concentró sobre vacunación triple (clostridial: mancha, gangrena y enterotoxemia). La mayoría de los productores encuestados en dicho estudio, no hace control de brucelosis ni tuberculosis (91% y 84%, respectivamente). Cabe recordar que, no se encuentra autorizada la vacunación contra brucelosis en caprinos, salvo excepciones en caso de planes de pruebas piloto.

Consideraciones finales de esta etapa:

- Salvo excepciones: Mendoza (Dayenoff *et al.*, 2007); Santiago del Estero (Trezeguet *et al.*, 2017) y Tucumán con la serología llevada adelante por SENASA (comunicación personal Rodríguez, 2017) en Argentina, no se han encontrado datos actualizados publicados sobre estudios epidemiológicos con rigor estadístico para conocer el estatus de la brucelosis caprina, la cual, posiblemente sea la principal enfermedad zoonótica de relevancia para la producción lechera en distintas provincias/regiones.
- Existe una normativa disponible para sistemas caprinos con mayores exigencias que la actual reglamentación para bovinos, por lo que es de muy difícil acceso económico para el sector. Es necesario una actualización de la misma para facilitar su acceso a este sector productivo.
- Aun así, de la información disponible surge una situación heterogénea respecto a dicho estatus sanitario para los rodeos caprinos lecheros, con áreas endémicas (Ej.: Catamarca, este de Salta, con proyección al centro-oeste de Formosa) y otras donde la infección parece tener nula o escasa presencia (Ej.: Santiago del Estero, Tucumán, zonas adyacentes de Valles y Quebradas áridas de Salta y Jujuy, y la cuenca Mar y Sierras).
- En términos generales, se aprecian prevalencias de brucelosis bajas pero preocupantes por su impacto sobre la salud de los consumidores de leche y productos lácteos y la salud de los productores y sus familias.
- De acuerdo a la información descripta anteriormente, no se puede descartar que el patógeno *Brucella mellitensis* pueda estar presente en la leche destinada a la elaboración de quesos artesanales y ser una fuente potencial de exposición en humanos. La relevancia de esta vía de infección estará determinada por la necesidad de control de las enfermedades zoonóticas como política de estado en un sector con escasos recursos y de la necesidad de

contar con datos actualizados de las acciones que se están realizando localmente.

Etapa 2: Producción de leche: caracterización de los lugares de extracción de leche

De acuerdo al Sistema de Gestión Sanitaria (SIGSA, 2017) del SENASA y los datos que recogen las distintas provincias, el *stock* caprino se ha mantenido estable en los últimos tres años en alrededor de 4,8 millones de cabezas en aproximadamente 75.500 unidades productivas (UP) pertenecientes a 47.000 establecimientos (Tabla 3).

Tabla 3: Existencias caprinas por categoría y provincias

Distribución de existencias caprinas por categoría – Marzo 2017						
Provincia	CHIVOS	CABRAS	CABRITOS	CAPONES	CABRILLAS/ CHIVITOS	TOTAL CAPRINOS
BUENOS AIRES	9.955	26.219	14.479	1.531	10.286	62.470
CAPITAL FEDERAL	80	112	3	-	-	195
CATAMARCA	24.678	80.855	9.461	1.127	6.448	122.569
CHACO	94.815	331.979	102.245	16.262	40.961	586.262
CHUBUT	47.374	53.811	11.992	5.118	12.183	130.478
CORDOBA	13.893	114.776	54.240	974	5.431	189.314
CORRIENTES	13.413	26.461	7.271	1.602	6.186	54.933
ENTRE RIOS	4.479	17.107	9.287	81	359	31.313
FORMOSA	30.019	159.474	30.335	8.333	18.518	246.679
JUJUY	37.484	46.461	10.262	6.361	15.982	116.550
LA PAMPA	10.206	53.934	16.943	1.278	5.403	87.764
LA RIOJA	24.098	109.421	30.295	146	699	164.659
MENDOZA	62.805	441.666	148.741	24.845	80.503	758.560
MISIONES	780	2.365	478	148	410	4.181
NEUQUEN	82.084	561.081	37.079	15.732	239.843	935.819
RIO NEGRO	30.468	98.638	18.209	5.055	20.200	172.570

SALTA	90.560	168.721	69.726	7.041	12.428	348.476
SAN JUAN	15.377	31.722	4.359	52	1.060	52.570
SAN LUIS	12.031	80.110	14.392	1.911	3.089	111.533
SANTA CRUZ	282	183	30	4	62	561
SANTA FE	13.147	60.404	17.490	2.767	8.251	102.059
SANTIAGO DEL ESTERO	60.230	339.446	117.164	10.130	41.952	568.922
TUCUMAN	3.100	9.246	1.362	458	1.291	15.457
TOTAL	681.358	2.814.192	725.843	110.956	531.545	4.863.894

Analizando los datos de estratificación de establecimientos y unidades productivas del año 2017, sobre el total de cabezas (de producción de carne además de las de leche) se observa que el estrato con menos de 100 cabezas constituye el 79% de los establecimientos, pero posee solo el 23,6% de las existencias caprinas. Por otro lado, los estratos de unidades productivas con más de 500 cabezas constituyen el 3% de los establecimientos, pero poseen el 40,7% de las cabezas. De tal manera, los productores lecheros caprinos tienen en común, entre otros aspectos, que la actividad pecuaria es parte importante de un grupo de otras actividades productivas que realiza la familia, con el fin de obtener recursos económicos, conformando lo que se conoce como agricultura familiar o pequeños productores (Chavez *et al.*, 2011). No obstante, la actividad lechera caprina nacional cuenta también con pocos, pero grandes emprendimientos productivos que involucran niveles de inversión importantes, suficientes para adquirir e instalar infraestructura y maquinarias agrícolas, máquinas para ordeñar y salas de elaboración de quesos. En general, se trata de sistemas intensivos, con animales de los biotipos Saanen, Anglo-Nubian y/o sus cruza. El producto obtenido de dichos sistemas productivos es también el queso, pero suelen ofertar distintas variedades de estos, que son elaborados, en su mayoría, según tipologías y procedimientos europeos. Estos emprendimientos, en general, contratan mano de obra especializada, sin que esto vaya en detrimento de la participación familiar en muchos casos. Estos productores se han ubicado en diferentes regiones del país, teniendo como fuerte requisito la posibilidad de accesos fáciles y suministro de servicios para su funcionamiento. Aun cuando esta franja de productores ha planteado y llevado a cabo diferentes estrategias de comercialización, por ejemplo, asociados al turismo rural, ventas a grandes

cadena de supermercados o distribución propia, no se logró su estabilidad comercial, lo que ha llevado a que muchos de estos emprendimientos no prosperen (Chavez *et al.*, 2011).

Por otro lado, hay explotaciones caprinas abocadas a la producción de quesos artesanales de pequeña escala, aunque con rangos de variación en la producción diaria de leche muy amplios. Estas producciones queseras, no cuentan con acceso a fuentes de energía (eléctrica, gas), agua corriente y están alejadas de rutas y servicios de transporte público y privado. Las descritas a continuación responden a esta estructura de recursos. En Salta, las explotaciones cuentan con majadas compuestas por 20 a 150 animales en los Valles Áridos (con un total de 1500 majadas) y en la Quebrada (350 majadas lecheras), mientras que en los Valles Templados las majadas son algo más reducidas en tamaño (30 a 70 animales por establecimiento en un total estimado de 10 majadas). Independientemente de la zona, las producciones de leche por animal rondan los 0,75 litros/cabra/día. La producción de leche es estacional entre los meses de diciembre y abril. En la provincia de Tucumán, las majadas cuentan en promedio con 95 animales que producen aproximadamente 0,79 litros/animal/día durante 2 a 3 meses en las estaciones de verano y otoño. Por su parte, en la provincia de La Rioja, las majadas son de tipo mixto (carne/leche) y cuentan entre 55 y 70 animales en producción, con un volumen de leche diario entre 20 y 40 litros por establecimiento (0,7-1 litro/animal/día, aproximadamente). Al igual que en las provincias anteriormente mencionadas, la producción de leche se encuentra estacionada entre los meses de diciembre y abril. También, en la provincia de Santiago del Estero se registran aproximadamente 984 majadas de tipo mixto en las zonas de secano. Las majadas cuentan con un número promedio de 68 animales que producen 1 a 1,2 litros diarios durante el verano y entre 0,3 y 0,5 litros diarios durante los meses invernales.

En términos generales, las majadas lecheras se encuentran ubicadas en zona de montes y pastizales naturales con la implantación de una proporción variable de pasturas tipo alfalfa (entre el 0,6% y el 50% de la superficie del predio familiar). También resulta muy variable la posibilidad de que las majadas sean suplementadas durante los períodos de escasez de recursos. Dicha suplementación es realizada entre el 60% y 100% de los establecimientos salteños y tucumanos, pero prácticamente no se realiza en La Rioja, Jujuy y Santiago del Estero.

En cuanto a tecnología de ordeño, el 93% de los productores caprinos encuestados por Chavez *et al.* (2011) realiza ordeño manual a corral; en muy bajo

porcentaje utilizan tarimas o máquinas de ordeño. La actividad cabrera lechera está a cargo de las mujeres, en su gran mayoría, esto hace que la tarea del ordeño y limpieza de esta etapa productiva, recaiga en ellas en un 83% de los casos; las personas a cargo del ordeño, cuentan con estudios primarios en su mayoría (65%) y sin estudio los restantes casos. Prácticamente en el 50% de los casos, el agua utilizada durante ordeño es potable, de la cual en su mayoría es capturada de vertientes y en menor medida se trata de agua corriente o bien de acequias, en una proporción aún menor. En general (65%) no se hace control lechero, aunque en aquellos que lo hacen (35%) en forma diaria utilizan utensilios disponibles (jarras) como medidas de referencia. La calidad de la leche no se determina, salvo en forma excepcional. La mayoría utiliza utensilios reciclados o adaptados de otra actividad. La leche recién ordeñada, es destinada a la elaboración de queso en forma inmediata en los 95% de las explotaciones, sin instancias de conservación intermedias y en casos excepcionales se congela o enfría.

En la provincia de Buenos Aires, la cuenca relevada presenta una majada lechera y otras cinco majadas de producción mixta. El tamaño promedio de las mismas es de 130 animales que producen en promedio 2 litros de leche/día/animal. La producción de leche es también estacional entre los meses de agosto a febrero. Cuenta con acceso a fuentes de agua, energía y rutas

Es importante mencionar que el sector cuenta con una herramienta de gestión de la inocuidad de la leche caprina, como es la Guía MILC (Scaltritti *et al.*, 2013). Esta herramienta fue diseñada para adaptar los procedimientos sanitarios y de higiene existentes, a sistemas caprinos, de forma tal de minimizar las contaminaciones físicas, químicas y microbiológicas de la leche durante su producción y ordeño. La misma fue validada en la cuenca Taco Ralo y Norte de Córdoba, lográndose mejoras notables en la calidad de la leche. En efecto, la guía MILC se aplicó y validó en un establecimiento de un productor familiar de queso caprino de la localidad de Taco Ralo (Tucumán). Este productor cuenta con dos tipos de manejos para la extracción de la leche: corral (piso de tierra-ordeño manual) y sala (ordeño mecánico); sobre ambos tipos de ordeño se aplicó la Guía MILC. Paralelamente, se tomó como valores testigos, los obtenidos en calidad de leche de 30 establecimientos de la zona que no aplicaron la Guía. La utilización de la Guía MILC mostró que, su aplicación disminuye el conteo de células somáticas y coliformes totales en leche, respecto de los establecimientos sin su aplicación (Anexo II, Saldaño *et al.*, 2019). Este ejercicio a campo, prueba que es

posible diseñar, validar y aplicar una herramienta de gestión de la inocuidad para este tipo de sistema de producción y mejorar la calidad de la leche.

Consideraciones finales de esta etapa:

- Las explotaciones lecheras que destinan su producción a la elaboración de quesos artesanales, son mayoritariamente familiares (siguiendo una tradición familiar) y de baja escala productiva (entre 5 a 60 litros diarios).
- La mayoría de los productores no cuentan con instalaciones, equipamiento ni utensilios específicos de este tipo de actividad, que aseguren la inocuidad de la materia prima.
- Existe y se encuentra disponible una herramienta de calidad de ordeño, la guía MILC, la cual fue adoptada por algunos productores. A su vez, la asistencia técnica es un pilar fundamental para la aplicación correcta de estas nuevas formas de trabajo.

Etapas 3: Calidad de la materia prima

Para las diferentes cuencas lecheras se dispuso de información sobre la calidad de la leche caprina empleada en la elaboración de quesos artesanales. Dicha información procedió, en su mayoría, de monitoreo de tipo no regular, aunque realizado por investigadores en conjunto con profesionales del territorio de zonas productoras de queso, durante varios años y siguiendo metodología de referencia (Chavez *et al.*, 2011; Chavez *et al.*, 2009; Chavez *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2017). En la Tabla 4 se resume la información disponible a partir de la cual se realizó la presente evaluación de riesgos.

Tabla 4: Resumen de la información disponible sobre parámetros de calidad de la leche (promedio, desvíos estándares y número de muestras) obtenidas de los establecimientos lecheros caprinos elaboradores de quesos artesanales

Parámetro	Salta	Tucumán	La Rioja	Santiago del Estero	Jujuy	TOTAL ¹
Recuento de células somáticas (RCS, en células/ml)	882.884 (1.082.461) ^b n= 320	998.421 (608.322) ^b n= 19	900.585 (945.725) ^b n= 82	2.076.763 (1.789.782) ^a n= 38	1.651.777 (3.148.445) ^a n= 18	1.014.654 (1.293.753) n= 477

Promedio (DS) (n)						$P < 0,001$
pH Promedio (DS)	6,73 (0,09) ^b n= 452	6,82 (0,06) ^a n= 32	6,65 (0,26) ^c n= 88	6,81 (0,06) ^a n= 40	6,70 (0,08) ^{bc} n= 21	6,72 (0,13) n= 633 $P < 0,001$
Recuento de aerobios totales (RAM en logUFC/ml) Promedio (DS) (n)	5,23 (1,12) ^a n= 223	4,10 (1,16) ^b n= 37	5,16 (1,21) ^a n= 70	4,73 (1,05) ^a n= 40	5,09 (0,81) ^a n= 16	5,05 (1,17) n= 386 $P < 0,001$
Recuento de Coliformes totales (CT en logUFC/ml) Promedio (DS) (n)	2,17 (1,31) ^{ab} n= 201	1,69 (0,85) ^b n= 37	2,75 (1,37) ^a n= 69	2,25 (1,15) ^{ab} n= 39	2,74 (1,18) ^a n= 13	2,27 (1,29) n= 359 $P < 0,001$
Recuento de Coliformes fecales (CF en UFC/ml) Promedio (IC ó DS) (n)	794 (IC 40 – 2,3 x 10 ⁴) n=22	2,1 x 10 ² (DS 1,2) n=18				7,8x10 ² (2,2 x10 ² -1,6 x10 ³)
Prevalencia <i>S. aureus</i> (%) (IC)	1,54					1,65 (0,9 - 2,6)

Referencias: ¹ Valor de significancia (ANOVA) de la comparación entre provincias. ^a Valores seguidos por letras diferentes significa diferencias estadísticamente significativas.

Según lo establecido por el CAA (Cap. 8, art. 556 tris) para la leche de cabra, el recuento de células somáticas (RCS) no debe superar las 1.500.000 células por mililitro (6,17 log células/ml). De acuerdo a lo observado en la Figura 2B, el 20,5% de las leches caprinas producidas con destino a la elaboración de quesos artesanales superan dicha cifra. Se observan diferencias entre las provincias ($P < 0,001$), siendo mayores los recuentos en Jujuy y Santiago del Estero. Teniendo en cuenta datos reportados por Suárez *et al.* (2013), el RCS en leches de cabras con medios mamarios sin infección varía entre 710.118 y 868.734 células/ml (5,85-5,94 log cel/ml). Valores elevados de RCS son indicativos de mala salud de la ubre, fundamentalmente mastitis, con el potencial riesgo de presencia de agentes microbianos zoonóticos, como es el caso de *Staphylococcus aureus*. Cuando las cabras sufren procesos de mastitis por *Staphylococcus coagulasa* negativos o por *S. aureus*, aumentan sus RCS hasta 2,3 millones (IC95% 6,1-6,4 log cel/ml) y 7,3 millones de células/ml (IC95% 6,49-6,86 log

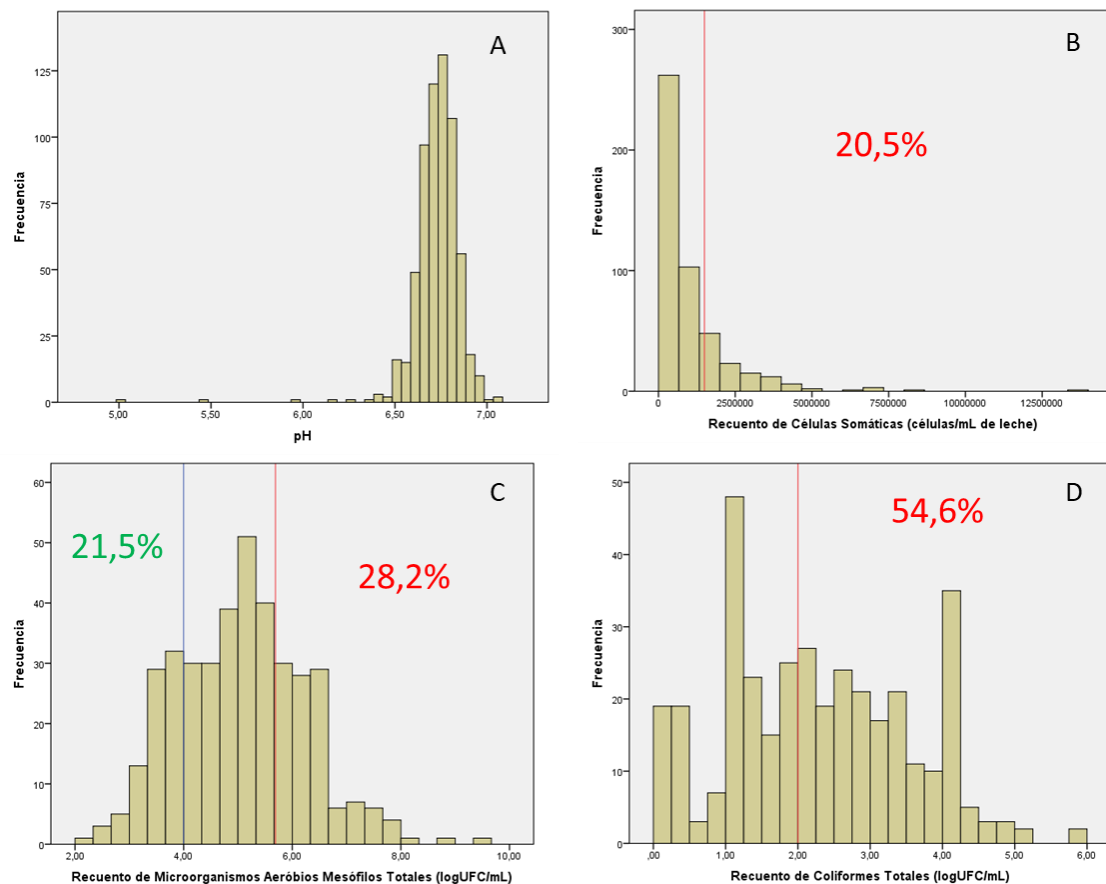
cel/ml), respectivamente. Tomando como límite 868.734 células/ml, valor máximo reportado para cabras normales por Suárez *et al.* (2013), se estima que el 37,1% de las leches superarían ese valor. A pesar que las mastitis subclínicas son el principal factor de incremento del RCS, existen otros factores naturales que contribuyen a aumentarlo como son la lactancia, el número de partos, la producción de leche y la raza.

El valor de pH promedio de la leche de cabra se encontró en $6,72 \pm 0,13$ (Figura 2A). Se pudo estimar que el 93,6% de las leches se encuentran dentro del rango (6,57 a 6,96) establecido por el CAA (Cap. 8, Art. 555), y que el 5,8% y el 0,6% de las leches analizadas estuvieron por fuera del rango mínimo y máximo, respectivamente. Las leches producidas en las diferentes provincias muestran diferencias significativas ($P < 0,001$), logrando mayores valores en Santiago del Estero y Tucumán, mientras que la leche caprina de La Rioja muestra los menores valores. Los valores más bajos podrían deberse a las dificultades de conservación de las muestras hasta la llegada al laboratorio para su análisis.

El CAA establece (Cap. 8, Art.556bis-1b) para leche caprina un límite máximo para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales de 500.000 UFC/ml o 5,69 log UFC/ml. Los tambos incorporados como información para esta evaluación ($n=386$) excedieron dicho límite en un 28,2%. Por otra parte, si consideramos el criterio establecido por el CAA para leches crudas certificadas aptas para el consumo directo sin pasteurizar (art. 557: bacterias mesófilas < 10.000 UFC/ml), en este modelado estadístico observamos que, el 21,5% de los establecimientos produciría leche con recuentos de aerobios totales menores a los establecidos para considerarla una leche de excelente calidad (Figura 2C). La leche producida en las diferentes provincias muestra diferencias significativas ($P < 0,001$), siendo Tucumán la provincia con menores recuentos de aerobios mesófilos totales. Algunos estudios, acreditaron que 14 de 75 casos de muestras de leche caprina del país, cumplieron con las especificaciones del Art.557 (datos no publicados de INTA). Un recuento elevado de los microorganismos mesófilos en la leche cruda indica la existencia de deficiencias en todo el sistema de obtención del producto, es decir, evidencia una insuficiente higiene y desinfección en el establecimiento (Calvinho *et al.*, 1998; 2001). No obstante, el número total de estos microorganismos no aporta información suficiente para identificar la fuente de contaminación, así como tampoco suministra datos sobre la capacidad de conservación de un producto y los potenciales riesgos para la salud que representa su consumo (Hayes *et al.*, 2001). De tal forma, el recuento de

microorganismos aerobios mesófilos totales es una estimación general de la calidad higiénica de la leche (Murphy & Boor, 1998). Entre las posibles razones de los altos recuentos de este grupo marcador se pueden mencionar las infecciones de la ubre, la falta de aplicación de correctos protocolos de limpieza y desinfección de los equipos y de los procedimientos de ordeño, así como la utilización de agua de calidad microbiológica inadecuada, sumado a las deficientes condiciones de almacenamiento de la leche en el tambo (Chye *et al.*, 2004; Jarayao *et al.*, 2004). Es importante también reconocer que este indicador, puede incluir las bacterias ácido-lácticas nativas de la leche, las que confieren características organolépticas a quesos, que pueden ser deseables o no.

Figura 2: Distribución de frecuencia de parámetros de calidad de la leche cruda



Referencias: A) RCS (log cel/ml); B) pH; C) RAM (log UFC/ml); D) Recuento de CT (log UFC/ml)

Por su parte, los recuentos de coliformes totales y coliformes fecales, indican contaminación fecal de la leche, generalmente debido a la higiene deficiente durante la rutina de ordeño o en el equipo de ordeño (Murphy & Boor, 1998, Verdier-Metz, *et al.*,

2009). En la mayoría de los sistemas caprinos, se ordeña manualmente. Además, los microorganismos indicadores antes mencionados son los responsables de diversos defectos que pueden aparecer en los quesos, como, por ejemplo, la hinchazón precoz y de la aparición de olores y sabores indeseables en quesos. Las estimaciones realizadas con base a la información aportada, indican que el 54,6% de los establecimientos lecheros presentarían recuentos de coliformes superiores a 100 UFC/ml (Figura 2D), indicador adoptado a partir de datos de lechería bovina, el cual es considerado como valor de excelencia en leche cruda destinada a consumo directo sin pasteurizar (Guterbock & Blackmer, 1984, Murphy & Boor, 1998). Al igual que con el resto de los indicadores de calidad de la leche, se observaron diferencias entre las provincias ($P < 0,001$), los menores recuentos se observan en la provincia de Tucumán, mientras que los recuentos más altos se evidenciaron en las provincias de Jujuy y La Rioja.

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales estuvo altamente correlacionado con el recuento de coliformes totales ($r = 0,711$). Por lo que gran parte de la variación observada en el recuento de microorganismos aerobios, es explicada por los cambios que se presentan en el recuento de microorganismos coliformes.

No todas las cepas de *E. coli* poseen un potencial patogénico, por lo que su sola presencia no puede ser interpretada como indicativo de leche no segura para el consumo humano. No obstante, su hallazgo en muestras de leche cruda está relacionado con la contaminación de origen fecal y, por lo tanto, es un indicio de la presencia de microorganismos patógenos de dicho origen. El presente estudio no dispone de recuentos de este microorganismo en leche, razón por la cual, el mismo fue estimado o aproximado a partir de la concentración de coliformes fecales determinada en algunas muestras (Tabla 4).

En cuanto a la presencia de patógenos zoonóticos, lo ideal sería la ausencia de los mismos en la leche cruda producida. Con respecto a *S. aureus*, principal responsable de la mastitis clínica y subclínica en el ganado lechero, solo se cuenta con datos de prevalencia. Es importante aclarar que, en el ser humano la toxina del *S. aureus* (coagulasa +) es causante de la típica intoxicación emética. Se estima que aproximadamente el 1,65% de las muestras de leche analizadas (13 de 845 muestras; IC95% 0,9% - 2,6%) se estima tendrían presencia del patógeno (Suárez *et al.*, 2013) (Tabla 4).

Consideraciones finales de esta etapa:

- Los indicadores de calidad higiénica sanitaria que demanda el CAA (RAM, pH y CCS) se ajustan, mayoritariamente, a las exigencias del mismo para establecimientos que producen leche que no será pasteurizada.
- Si bien de *S. aureus* es un peligro zoonótico y de alto impacto en salud pública, la prevalencia en las leches fue baja.
- Analizando en conjunto los resultados microbiológicos, se puede concluir que la carga microbiana total, si bien es elevada, no sería el problema esencial. La principal contaminación se da en el grupo de microorganismos coliformes, con el 54,6% de las muestras analizadas según indicador 2 log UFC/ml, que es un indicio de contaminación fecal, principalmente por la falta limpieza de corrales, sumado a la falta de higiene durante el ordeño, la falta de agua en corrales para limpieza e higiene de utensilios para el traslado y procesamiento de la leche. Es importante mencionar que, en estas producciones, la leche no se almacena, la misma es transformada inmediatamente después del ordeño, en casi todos los casos, es decir que, no se almacena.
- De acuerdo a lo anterior, *E. coli* surge como el patógeno de interés para ser estudiado en esta evaluación de riesgos.

Etapas 4: Elaboración de quesos

El número de establecimientos elaboradores de quesos artesanales a partir de leche de cabra es variable por provincia. En Salta se registran aproximadamente 620 elaboradores, distribuidos en los Valles Áridos ($n \approx 260$), Valles Templados ($n \approx 10$) y Quebrada-Transición-Prepuna ($n \approx 350$). En la provincia de Tucumán se registran 129 establecimientos productores, mientras que en La Rioja son 25 los elaboradores conocidos. Un número significativo de elaboradores se registra en la provincia de Santiago del Estero, con 984 localizados en las zonas de secano (Departamentos de Guasayán y Choya). Por su parte, en la provincia de Buenos Aires se relevaron 6 elaboradores de quesos artesanales.

A) Agua empleada en las queserías

Son pocos los datos disponibles sobre la calidad del agua empleada durante la elaboración de quesos artesanales. No obstante, esos datos concuerdan en que un alto porcentaje de establecimientos el agua de proceso no es segura. En Salta, la

totalidad de los elaboradores de la zona de Valles Áridos y la Quebrada emplean agua de vertiente, que puede suponerse segura en términos microbiológicos, no habiendo datos sobre la calidad del agua en el resto de las regiones de dicha provincia. En Tucumán, La Rioja y Santiago del Estero, menos de la mitad de los elaboradores se provee de agua segura para ser empleada en las diferentes etapas del proceso de elaboración. En contraposición, los establecimientos radicados en la provincia de Buenos Aires emplean agua potable de red.

De los establecimientos que no cuentan con agua segura, sólo un porcentaje menor al 5% incorpora algún procedimiento para la potabilización del agua (así como: hervir- clorinación- pastillas específicas para ese fin).

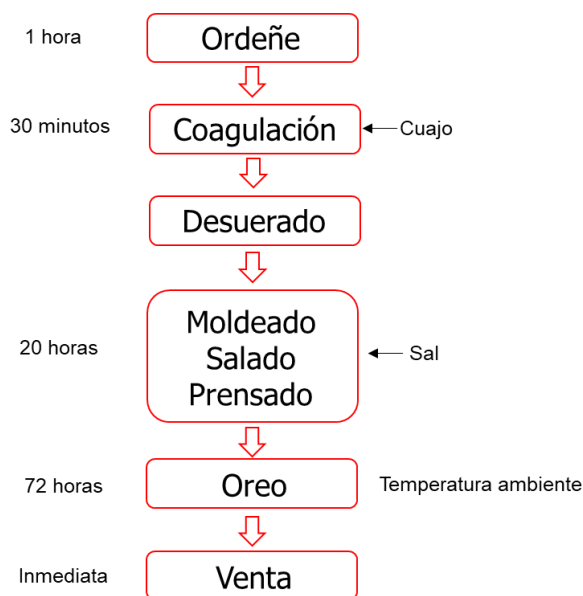
Con base en lo anterior, se concluye que el agua empleada durante la elaboración de quesos artesanales debe ser considerada como una potencial fuente de contaminación durante el proceso, especialmente por microorganismos coliformes.

B) Producción de queso

Si bien es posible identificar características particulares en el proceso de elaboración de los quesos artesanales con leche de cabra en cada región, un flujograma posible es el que se observa en la Figura 3.

El porcentaje de elaboradores que pasteuriza la leche es muy variable en las diferentes cuencas analizadas, pero en términos generales es muy baja la implementación de proceso de pasteurizado. La proporción de establecimientos que adopta algún tipo de pasteurización (baja o media) varía de 0 al 40% de los mismos. Y de los elaboradores que aplican algún tratamiento térmico a la materia prima, es muy variable la proporción que utiliza algún dispositivo de control para el tiempo y temperatura. Por lo tanto, no se puede asegurar que la leche alcance la temperatura y tiempo de exposición necesarios.

Figura 3: Flujograma del proceso de elaboración de quesos artesanales de cabra



Nota: lo que entendemos por temperatura ambiente, es en realidad un amplio rango, dependiendo de la región quesera del país (Ej. entre 12-40°C). La venta "inmediata", puede darse entre los 2 a 7-10 días de elaboración del queso.

De igual forma, la utilización de fermentos es muy variable entre los elaboradores de los diferentes puntos del país, pero en términos generales es muy baja su adopción. Entre aquellos productores que lo utilizan, mayormente emplean cuajo-fermento a partir de leche o suero (predominantemente suero) y en un mínimo porcentaje utilizan fermentos comerciales.

El tipo de cuajo usado en estas tecnologías puede ser el denominado natural o bien el químico. El primero es producido por los mismos elaboradores en los lugares de origen; mientras que el llamado químico, es el adquirido comercialmente. El primero cuenta con diferentes enzimas además de la quimosina caprina/bovina; los segundos son quimosina bovina en alta concentración. Los primeros pueden proporcionar sabores y texturas particulares, los segundos, por su especificidad tienden a estandarizar sabores y texturas.

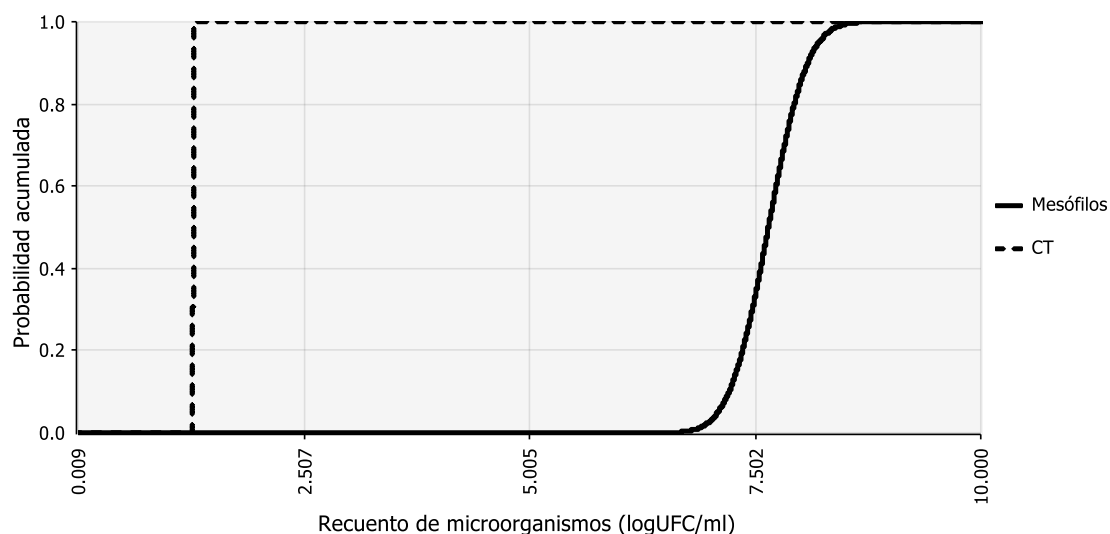
El cuajo natural es el abomaso de cabritos o cabras, de entre 1 mes a 3 años; que se prepara en forma empírica y en líneas generales de la siguiente manera: en el momento de la faena, se extrae el abomaso, el cual es lavado con agua y salado (abundantemente con sal gruesa); luego conservado 12 meses como mínimo en un lugar oscuro y seco para promover su deshidratación. Es común también, que el cuajo sea ahumado en el ambiente de la cocina a leña (fogón) durante esos 12 meses. El cuajo natural así preparado es mezclado con suero de quesería o leche (hervidos o no) o agua hervida y conservado así hasta su uso (24 h), alcanzando pH próximos a 4.

Esta preparación se renueva diariamente. Esta mezcla (denominada por los elaboradores como panchera o pancho) se usa dosificada en la elaboración del queso artesanal dando lugar al cuajo-fermento propio de estas elaboraciones. Los elaboradores no realizan mediciones ni controles del cuajo o de la panchera.

La calidad del cuajo natural, en términos de su inocuidad ha sido estudiada por Palladino *et al.* (2012 y 2016), quienes determinaron que el cuajo obtenido por deshidratación y ahumado alcanza valores de actividad de agua por debajo de 0,6; valor que asegura la conservación del mismo sin desarrollo de ningún tipo de microorganismo. Utilizando estos datos y por medio del modelado estadístico, se realizó una distribución de frecuencia acumulada (Figura 4), que muestra que, el promedio de RAM en cuajo fue 7,65 log UFC/m (DS= 0,34 log UFC/ml) y que, la mayoría de las muestras tienen niveles por debajo del límite de detección de CT, y una media de 1,28 log UFC/ml. Además, estos autores no detectaron microorganismos patógenos (*Salmonella* spp, *S. aureus* y *Listeria monocytogenes*). Estos resultados permiten afirmar que el cuajo, es una fuente menor de contaminación durante el proceso de elaboración de queso.

El tipo de cuajo usado es otra práctica de muy variable adopción. En la provincia, por ejemplo, de Salta hay regiones (Valles Áridos y Quebrada) donde los elaboradores que emplean el cuajo químico, se encuentran en proporciones iguales a los elaboradores que utilizan cuajo natural (panchera). En cambio, en los Valles Templados la totalidad de los elaboradores utilizan el químico. En las provincias de Tucumán y Buenos Aires el uso de cuajo químico se da en una proporción variable entre el 40% y 80% de los elaboradores. Por su parte, en La Rioja y Santiago del Estero se emplea fundamentalmente cuajo natural. La utilización de cuajo artesanal en este tipo de productos supone algunas ventajas: rescatar un saber local, conservar características sensoriales del queso altamente valoradas por el consumidor. Se elabora en origen, no debiendo realizar compras fuera de la zona productiva, esto disminuye costos. Otra ventaja del cuajo natural es que puede facilitar la implementación de instrumentos de diferenciación del producto (Denominaciones de Origen, Indicaciones Geográficas, Marcas Colectivas, etc.) (Palladino *et al.*, 2012). Sin embargo, es necesario profundizar estudios sobre el aporte que la forma de la incorporación del cuajo a la línea de proceso, tiene como barrera de inocuidad; entender su rol y comportamiento en tal sentido.

Figura 4: Distribución de frecuencias de los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos totales y coliformes totales en cuajo natural



Prácticamente la totalidad de los elaboradores realizan el corte de la cuajada y el desuerado de manera manual. El salado en estas tecnologías puede hacerse en la cuajada o en la superficie del queso durante el moldeo. Los productores de la provincia de Santiago del Estero, en su mayoría, salan en superficie (comunicación personal de Contreras, 2016, EEA-INTA-Santiago del Estero). La cantidad de sal adicionada, independientemente del tipo de salado realizado, no es medida con precisión por lo que las concentraciones finales pueden ser muy variables entre elaboraciones y entre elaboradores de una misma región (Cabral Ortiz *et al.*, 2017).

El uso de moldes plásticos o moldes palma o cinchón es también muy variable y parece responder a prácticas culturales y también a la influencia de los técnicos en territorios, quienes introdujeron los moldes de plásticos, como así también el uso del cuajo químico. En los Valles Templados de Salta, La Rioja y Buenos Aires casi la totalidad de los elaboradores (entre el 80% y el 100%) emplean moldes plásticos, mientras que en el resto de las cuencas analizadas (Valles Áridos salteños, Tucumán y Santiago del Estero) la mayoría tiende a emplear cinchón. El cinchón es un cinto/cintura de hojas de palmas tejidas, que brinda la posibilidad de adaptación a diferentes tamaños; este molde es utilizado con un lienzo entre cinchón y cuajada. El prensado es realizado con lajas o piedras, las que son generalmente utilizadas con exclusividad para este fin.

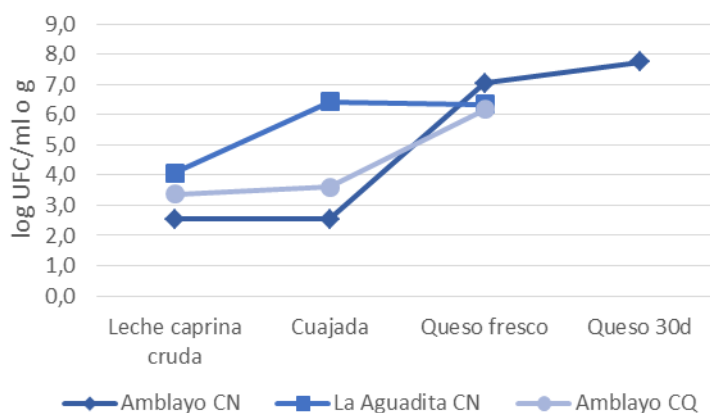
La gran mayoría de los elaboradores realizan el oreo de los quesos, práctica que se realiza a temperatura ambiente por períodos de tiempo que van entre 1 y 10

días dependiendo de la cuenca, aunque mayoritariamente el proceso demanda entre 3 y 7 días. Es en esta etapa cuando finaliza el proceso de desuerado.

Luego del oreo los quesos son, en su mayoría, vendidos inmediatamente sin que se realice ninguna maduración. Solo los quesos elaborados en la provincia de Buenos Aires, realizan una maduración entre 20-60 días, a temperatura de refrigeración.

En la Figura 5, se muestran los resultados de un estudio en el cual se determinó cómo varió la carga de coliformes totales a lo largo del procesamiento del queso artesanal en tres elaboraciones de quesos artesanales de Valles de Altura (datos no publicados). Lo que se observa es que la tecnología quesera produce un efecto “concentrador” o aumento de la carga inicial de CT en leche. Es de esperar entonces que, partiendo de una carga microbiana elevada en la materia prima, sumado a los factores de contaminación a los que está expuesto durante el proceso de elaboración, se genere una elevación de la carga de coliformes en los quesos.

Figura 5: Evolución del recuento de microorganismos coliformes durante el proceso de elaboración de quesos artesanales caprinos de Valles Áridos-Salta (no publicado)



Referencias: CN, emplearon cuajo natural y CQ, cuajo químico

Por otro lado, en un estudio de 94 muestras (datos no publicados INTA Salta), se verificó que la carga de coliformes totales de los quesos se vio incrementada durante el procesado, en un promedio de 2,1 veces sobre la carga inicial de dicho indicador en la leche de origen.

Comentarios finales sobre el proceso de elaboración de quesos:

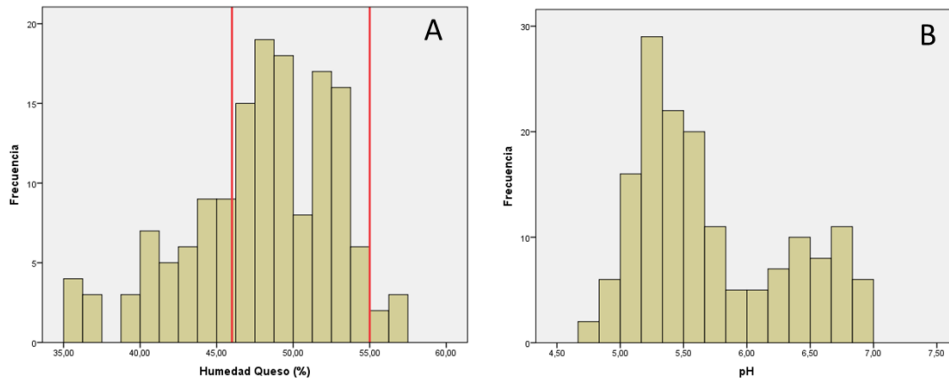
- La elaboración artesanal de quesos se realiza con la leche producida por los mismos elaboradores. En la mayoría de los casos, la falta de servicios (luz, gas y telefonía) y de caminos en condiciones adecuadas para circular, dificultan los controles periódicos de la materia prima. La leche obtenida normalmente es procesada durante la primera hora de efectuado el ordeño.
- Se emplea mayoritariamente leche sin pasteurizar, por lo que la carga microbiana presente en la materia prima será el punto de partida de la microbiología del queso elaborado.
- El cuajo natural que emplean, según tecnología propia de deshidratado y conservación (salado y ahumado en muchos casos, luego estacionado durante 1 año), no genera compromiso con la inocuidad.
- La leche y el cuajo (natural y químico) son los principales insumos de estas producciones, sumando la sal. La biodiversidad microbiológica de los quesos, se debe a estos insumos, considerando su tecnología como una forma de selección de la microbiota natural. Sin embargo, esta producción no dispone de protocolos de limpieza validados ni del monitoreo de estos procedimientos de elaboración para el aseguramiento de la inocuidad.
- Si bien, los elaboradores conocen el proceso de elaboración y algunas fallas que se pueden presentar, repiten empíricamente lo aprendido de sus ancestros y de los técnicos, de cómo y cuándo corregir defectos, existe un bajo o nulo control del proceso de elaboración que asegure la inocuidad del producto.

Etapas 5: Caracterización final de los quesos

En la Figura 6 se presentan los valores promedio de humedad y pH de los quesos artesanales elaborados con leche caprina de muestras de quesos artesanales colectadas en diferentes cuencas del país. A partir de estos datos, se pudo verificar que el 70% de los quesos presentaron entre 46 y 55% de humedad (Figura 6A). En este rango de valores de acuerdo al CAA, se clasifican como quesos de alta humedad: donde se incluyen los quesos cuartirolo, cremoso, criollo y Minas Frescal, y quesos de mediana humedad: para los quesos restantes. En general, las características de los quesos caprinos artesanales responden a la clasificación de quesos de alta humedad; por lo cual, para el presente trabajo se consideraron los parámetros de calidad establecidos en el CAA para estos quesos (Art. 605 D). Respecto al contenido de grasa, se clasifican como quesos grasos (contenido de materia grasa en el extracto

seco entre 45% y 59,9%); aunque hay gran cantidad de quesos del tipo semigraso. El valor promedio de NaCl de los quesos relevados fue 1,46 %, con valores mínimos de 0,13% y máximos de 4,33%. Por su parte, el valor promedio de pH fue estimado en 5,72 (DS= 0,59) (Figura 6B).

Figura 6: Distribución de frecuencias de la Humedad y pH de los quesos artesanales elaborados con leche caprina



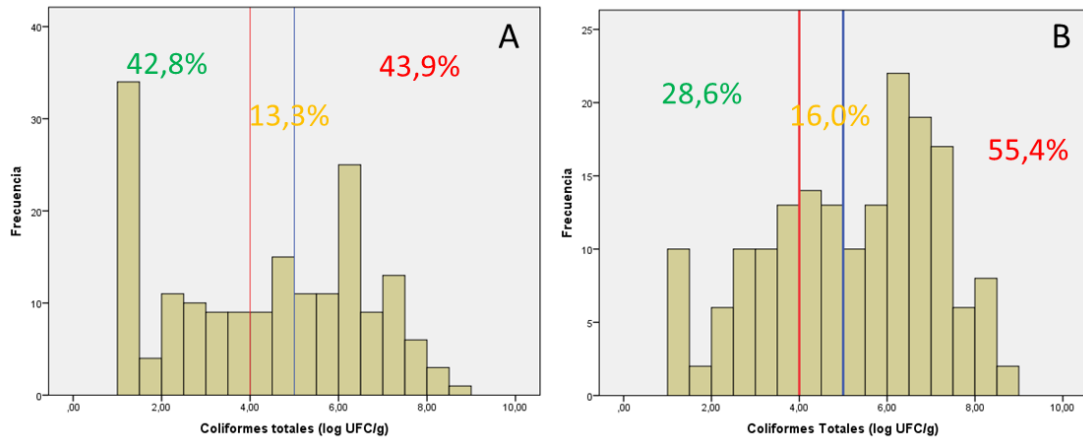
Referencias: A) Humedad (%); B) pH

En la Figura 7 se presentan las características microbiológicas y la distribución de frecuencias de microorganismos indicadores en quesos de cabra. En estas figuras se resume la información aportada a partir de ensayos y muestreos realizados en las diferentes cuencas lecheras caprinas de nuestro país.

El recuento de coliformes totales suele ser diferente dependiendo del lugar de dónde se tome la muestra (si es en la corteza o centro del queso). Analizando los recuentos de coliformes en el centro del producto, el 42,8% de los quesos de cabra presentaron recuentos de coliformes totales por debajo del límite establecido por el CAA para este tipo de quesos (<10.000 UFC/g o 4 logUFC/g), mientras que en la corteza el 28,6% de los quesos no superan dicha cifra umbral (Figura 7A y B). Por otro lado, el porcentaje de quesos que contenían en su centro y en la corteza niveles de coliformes totales entre 10.000 y 100.000 UFC/g (niveles considerados aceptables para una determinada proporción de quesos), fue del 13,3% y 16,0%, respectivamente. Finalmente, los quesos analizados con recuentos de coliformes totales en el centro superiores a 100.000 UFC/g (límite máximo permitido por el CAA para este tipo de quesos) fue del 43,9%; de los cuales un 31,7% supera el 1.000.000 UFC/ g y el 12,8% supera los 10.000.000 UFC/g. Por otro lado, la proporción de quesos que en la corteza tenían recuentos de coliformes totales superiores a 100.000

UFC/g, 1.000.000 UFC/g y 10.000.000 UFC/g, fue del 55,4%, 42,9% y 18,9%, respectivamente.

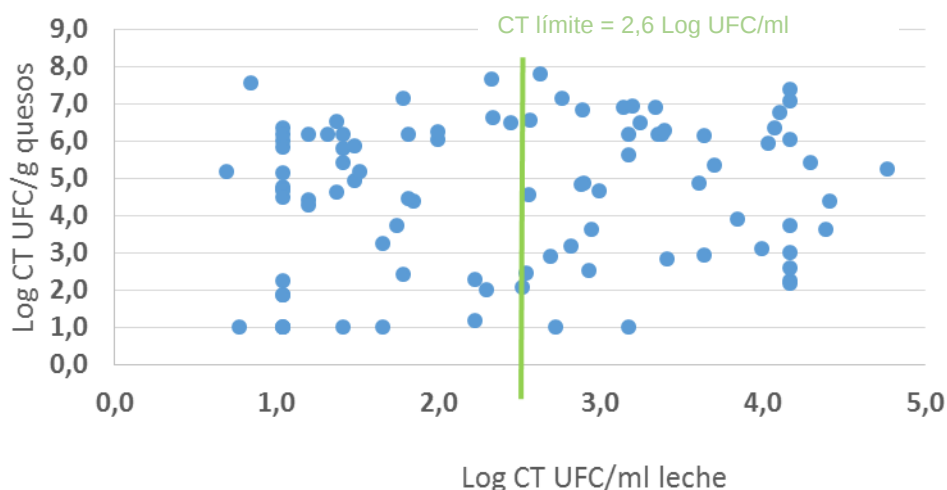
Figura 7: Parámetros microbiológicos de los quesos artesanales caprinos



Referencias: A) Recuento de Coliformes Totales (centro del queso); B) Recuento de Coliformes Totales (corteza del queso)

Se evaluó adicionalmente la relación existente entre la carga de CT en la leche y en los quesos producidos a partir de esa leche, datos surgidos de un estudio realizado en diferentes cuencas queseras del país ($n=94$). Como se observa en la Figura 8, no hay una correlación significativa entre el recuento de CT observado en la leche y en los quesos elaborados a partir de las mismas ($r = 0,11$); es decir que la carga de CT presente en la leche explica el 11% de la variación observada para dicha variable en el queso. Lo que implica que la contaminación en el queso, medida por el recuento de CT, no se explica por la carga de CT en la leche.

Figura 8: Correlación entre CT de leche y quesos ($r=0,11$)



Si bien no se cuenta con información sobre el recuento de *S. aureus* en los quesos artesanales, fue posible aislar esta especie bacteriana del 36,6% de los quesos muestreados en diferentes cuencas lecheras. A partir de muestras tomadas desde la corteza del queso se la detectó en el 34,4% de las muestras, mientras que a partir del centro del producto se la aisló en el 6,5% de los quesos. El CAA establece como límite para la concentración de *S. aureus* un nivel de 3 log UFC/g, permitiéndose hasta un 40% de muestras desde niveles detectables de *S. aureus* (100 UFC/g) y hasta 1000 UFC/g. De acuerdo a los datos disponibles, la prevalencia de este patógeno no superaría el 40% de los quesos. Es importante notar que, por la naturaleza del análisis microbiológico realizado (de ausencia/presencia del microorganismo) no es posible determinar sus concentraciones para poder concluir sobre la adecuación de los mismos a los límites establecidos por el CAA.

A su vez, el CAA establece que los quesos de mediana y alta humedad deben estar ausentes de *Salmonella* spp. De acuerdo a la información recopilada, la prevalencia de este género fue del 38,7%, independientemente del sitio de aislamiento. No obstante, la frecuencia de aislamiento fue mayor en la corteza (33,3%) que en el centro (8,7%) del queso.

No se cuenta con información sobre el recuento de *E. coli* en quesos artesanales elaborados con leche de cabra, pero sí su presencia/ausencia. Esta información permitió estimar que el 55,9% de los quesos fueron positivos para esta especie microbiana, la cual fue aislada tanto del centro (21,5%) como desde la corteza (47,3%) de los quesos. El CAA establece como límites para la presencia de coliformes fecales (medidos como CT a 45°C) entre 1.000 y 5.000 bacterias por gramo para un máximo del 40% de los quesos. Si bien no es posible extrapolar los datos de

prevalencia a los recuentos de estos microorganismos, sí es posible afirmar que la prevalencia de *E. coli* (una especie dentro del grupo de coliformes fecales) superaría el 40%, según criterio de aceptación del CAA ($n=5$ y $c=2$), aunque no se puede estimar en qué proporción las concentraciones superan los límites máximos.

La presencia de estos tres patógenos (*Salmonella* spp., *E. coli* y *S. aureus*) también se dio de manera combinada. *E. coli* y *Salmonella* spp. fueron aislados de manera simultánea en el 33,3% de los quesos analizados, mientras que los tres patógenos fueron encontrados conjuntamente en el 18,3% de los quesos. Por otro lado, no se encontró *Listeria monocytogenes* ni en centro ni en corteza.

Etapas 6: Comercialización del producto

El producto suele venderse envasado de diferentes formas. La mayoría emplea papel madera como envase primario en contacto con el producto, aunque otras formas adoptadas incluyen el uso de bolsas plásticas. En otras regiones como Santiago del Estero, en algunos casos los venden sin emplear ningún tipo de envase.

La venta se realiza mayoritariamente en forma directa por parte del elaborador, aunque en algunos casos (ej.: Tucumán) se recurre a la figura de un intermediario entre el elaborador y el punto de venta final.

Evaluación cuantitativa de riesgos

La información recopilada sobre las diferentes etapas del proceso de elaboración de quesos artesanales, a partir de leche caprina, fue utilizada para una evaluación cuantitativa de riesgos empleando como microorganismo indicador a *E. coli*. El motivo de la selección de este patógeno, estuvo basado en el hecho de que es un microorganismo normalmente asociado al consumo de productos lácteos en general y a quesos en particular. A esto se suma, que existen datos sobre la presencia y cuantificación indirecta (coliformes fecales) de este microorganismo, a partir de estudios realizados en diferentes cuencas lecheras del país. Otros patógenos que pudieron haberse seleccionado para la realización de una evaluación de riesgos, serían: *B. mellitensis* y *S. aureus*. No obstante, la información existente era parcial y las incertidumbres asociadas a la evaluación de riesgos hubieran sido superiores a las encontradas para *E. coli*.

El modelo fue construido siguiendo las etapas mencionadas en la Figura 1; y desarrolladas y detalladas en cada etapa del proceso de obtención del queso artesanal. De preferencia, se empleó información obtenida a partir de establecimientos lecheros y productores de quesos artesanales a nivel nacional. Cuando no existieran en el país información para modelar estadísticamente alguna etapa, se emplearon datos a nivel internacional y se identificaron esas etapas como inciertas. El modelo se construyó empleando el software @Risk versión 7.1. Las variables incluidas en el modelo y sus distribuciones de probabilidad, se detallan en el Anexo I. Se corrieron 5.000 iteraciones del modelo con un sistema de muestreo hipercubo latino. El indicador de convergencia numérica fue 0,1%. El modelo fue ajustado a la prevalencia de *E. coli* y no a la carga real de *E. coli* en los quesos por carecer de esos datos.

1.- Prevalencia de *E. coli* en leche cruda

No se contó con datos sobre la prevalencia y concentración de este microorganismo patógeno en leche cruda. Con base en el muestreo realizado en quesos procedentes de diferentes cuencas de nuestro país, se pudo determinar que, de 93 muestras analizadas, 52 resultaron positivas para *E. coli*, ya sea en el centro o en la corteza del producto. Por otro lado, no se cuenta con datos de prevalencia de *E. coli* en leche; aun teniendo en cuenta el análisis de la Figura 8, se decidió utilizar la

prevalencia de queso como si la misma proviniera en un 100% de la leche; supuesto este necesario para proseguir con la evaluación.

Entonces, a partir de estos datos, se estimó la prevalencia de *E. coli* en leche usando una distribución Bernoulli con los siguientes parámetros:

$$\sim \text{Bernoulli}\{(\text{Beta}(52 + 1; 93 - 52 + 1))\}$$

2.- Concentración de *E. coli* en muestras positivas de leche cruda

Es importante mencionar que no se contó con la concentración de *E. coli* en leche para este estudio. Entonces, la concentración de este patógeno, nuevamente fue modelada empleando los datos de coliformes fecales, aportados por muestreos realizados en Salta (Valles Templados) y en Tucumán (Taco Ralo) (Tabla 4). Para ello se empleó una distribución Normal con parámetros media (2,89 log UFC/ml) y desviación estándar (1,03 log UFC/ml).

3.- Efecto de la pasteurización

La mayoría de los quesos artesanales son elaborados con leche caprina sin pasteurizar. No obstante, productores de algunas cuencas realizan el proceso de pasteurización o de termizado. Teniendo en cuenta datos en territorio, se estimó que entre el 10% y el 20% de los quesos artesanales son elaborados a partir de leche tratada térmicamente. Se simuló matemáticamente y a partir de la prevalencia anterior, la pasteurización generaría una reducción total de la carga microbiana patógena, es decir carga microbiana final 0. Esta consideración resulta aplicable sólo a establecimientos con adecuado control y gestión de la calidad, aspecto poco común de acuerdo con la información relevada.

4.- Características intrínsecas del queso y extrínsecas sobre el crecimiento microbiano

Estudios realizados en diferentes cuencas lecheras del país indicaron que el proceso de elaboración de los quesos influye marcadamente en la carga microbiológica final del queso. En términos generales, se pudo observar que la carga de microorganismos coliformes totales, tiende a incrementarse durante el procesamiento en una proporción variable que, en promedio es de un 77% y como

máximo casi 8 veces la carga inicial (Figura 5); encontrando pocos casos en los que esta carga disminuye.

El incremento observado para CT, se utilizó para estimar, a su vez, el incremento de la concentración de *E. coli* en quesos, a partir de coliformes fecales medidas en leche.

Entonces, la distribución completa de la modificación de la carga final de *E. coli* en los quesos fue modelada mediante una distribución PERT (distribución de probabilidad triangular redondeada), con valores mínimos de 31,48% (lo cual significa que la carga en el queso es inferior a la que poseía la leche de cabra), más probable de 177,18% y máximo de 894,13%. Estos dos últimos valores implican un incremento de la carga microbiana por sobre lo que poseía la materia prima, sobre una carga inicial variable tomada como referencia.

Los quesos poseen características intrínsecas (propiedades del queso) y extrínsecas (aportadas por el ambiente) que limitan y/o reducen la carga microbiana, en función a la capacidad de adaptación o resistencia de cada tipo de microorganismo presente en el producto.

- El pH del queso se consideró variable entre 4,70 y 6,96, siendo el valor promedio de 5,72. Estos datos fueron obtenidos a partir de una base de datos sobre parámetros físico-químicos de quesos de diferentes cuencas lecheras del noroeste argentino. Para modelarlo se empleó una distribución Pert (4,70; 5,54; 6,96) que se caracteriza por usar como parámetros el valor mínimo, el más probable y el máximo de una distribución de frecuencias. Esto impacta en el análisis de la evaluación de riesgo, por ser usado en el modelado de crecimiento de *E. coli* [ver ecuación Maher *et al.* (2001)].
- En igual sentido, otro factor de relevancia es la concentración de NaCl presente en el producto final. Los productores no suelen medir con precisión el porcentaje de sal incorporada al proceso. En función de los datos recabados sobre los quesos elaborados en diferentes regiones, la misma puede variar entre un mínimo de 0,13% a un máximo registrado de 4,33%. Estos valores fueron incorporados a una distribución Normal (1,46; 0,77) y truncada en sus extremos mínimos y máximos en 0,13 y 4,33, respectivamente.
- La temperatura de almacenamiento del queso es un factor extrínseco que controla el crecimiento microbiano. Los quesos artesanales son almacenados, en su gran mayoría, a temperatura ambiente. Por ello, se utilizó una posición

conservadora considerando un rango de variación entre 10°C y 30°C, con un valor más probable de 15°C, a través de una distribución Triangular que emplea como parámetros los valores mínimo, más probable y máximo de una distribución de frecuencias.

- Finalmente, el tiempo de almacenamiento de estos quesos fue variable, pero en términos generales no se los madura durante los 60 días requeridos por el CAA para quesos elaborados con leche sin pasteurizar, ya que este tipo de queso se vende y consume como queso fresco en la mayoría de los casos. Dependiendo del tiempo de oreo de este tipo de quesos, la venta final se puede realizar el mismo día de elaborado o hasta un máximo de 15 días, aunque los tiempos usualmente adoptados son entre 3 y 7 días.

El crecimiento o muerte de *E. coli* fue modelado empleando los datos arriba descritos y las ecuaciones de crecimiento y sobrevivencia microbiana reportados por Maher *et al.* (2001). La carga final de *E. coli* en el queso artesanal fue incorporada a una distribución Poisson para capturar la variabilidad existente.

5.- Tamaño de la porción de queso y dosis consumida

El tamaño de la porción de quesos artesanales consumida por la población fue estimado empleando datos de la Encuesta Nacional de Nutrición y Sanidad (ENNyS, 2012). La misma estima que la población adulta consume, en promedio 58,8 g de queso como porción diaria, con una desviación estándar de 48,2 g. La variabilidad en el consumo de queso fue modelada empleando una distribución LogNormal.

La concentración de este microorganismo, fue multiplicada por el tamaño de la porción de queso consumida para obtener la dosis final ingerida por un consumidor.

6.- Caracterización del peligro o relación dosis respuesta

La probabilidad de que un consumidor adquiriera una enfermedad por *E. coli* a partir del consumo de quesos artesanales, fue modelada empleando una relación dosis respuesta, existente en la literatura internacional. Para este caso, se empleó una ecuación exponencial (DuPont *et al.* 1971) correspondiente a una *E. coli* del tipo entero-invasiva que ocasionó un brote por consumo de productos lácteos, la cual presenta las siguientes características:

$$\text{Probabilidad de infección} = 1 - (e^{-k \times \text{Dosis}})$$

El valor de la constante k es igual a $1,22 \times 10^{-8}$.

7.- Caracterización del riesgo

Finalmente, se procedió a estimar la probabilidad de que una persona adquiriera una infección por *E. coli* considerando la probabilidad de que este patógeno esté presente en el queso y, de estarlo, la carga presente en el mismo y la relación dosis-respuesta que se presentó en el punto anterior. Para realizar esta estimación se empleó una distribución Bernoulli, cuya probabilidad de ocurrencia del evento es igual a la probabilidad de infección estimada mediante la ecuación exponencial anteriormente descripta.

Resultados de la evaluación cuantitativa de riesgos

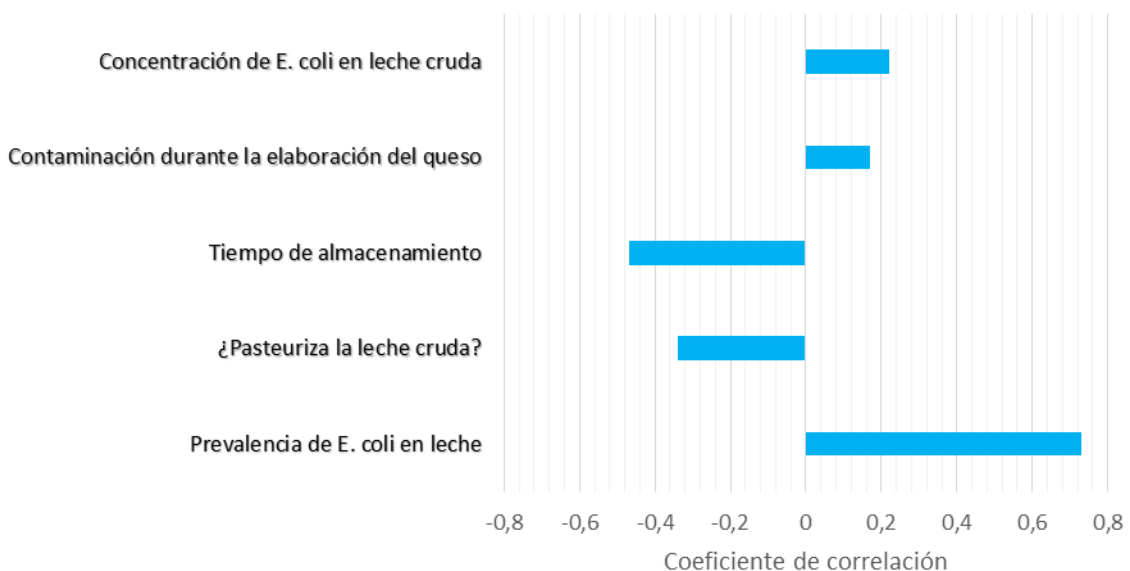
Cuando se modeló la probabilidad de que los consumidores sufran una infección (riesgo) por *E. coli* debido al consumo de quesos artesanales elaborados con leche caprina, la misma fue estimada en 25,72%. En la presente evaluación de riesgos se consideró que la cepa de *E. coli* actuante era de tipo patogénica. No se tiene exactitud en cuanto a la proporción de *E. coli* que pudiesen generar efectos adversos en la población, siendo una limitante del presente trabajo. No obstante, esta evaluación de riesgos permitió estimar que casi una cuarta parte de los quesos producidos tendría niveles de *E. coli* capaces de generar una infección, si la cepa actuante fuese patogénica. Es decir que, por cada 100 porciones de quesos consumidas, es posible esperar que entre 25 y 26 consumidores, ingieran una cantidad de *E. coli* capaz de generar una infección y potenciales efectos adversos, si estas fueran patogénicas. Adicionalmente, la presente evaluación de riesgos estimó que el 44,7% de los quesos tendrían niveles detectables de *E. coli* (>100 UFC/g). De acuerdo a lo reportado por un estudio realizado en quesos producidos en diferentes cuencas lecheras del noroeste argentino, la prevalencia de quesos positivos a *E. coli* fue del 56%, lo que implica que el modelo es válido y refleja lo que ocurre en la realidad.

Las variables que más influyeron sobre la probabilidad de infección por *E. coli*, fueron la prevalencia de *E. coli* en la leche cruda ($r= 0,73$), la pasteurización de la leche cruda ($r= -0,34$), el tiempo de almacenamiento de los quesos ($r= -0,47$), la contaminación cruzada durante la elaboración de los quesos ($r= 0,17$) y la concentración del patógeno en la leche cruda ($r= 0,22$) (Figura 9). En cuanto a la

prevalencia de *E. coli* en la leche cruda y el efecto de la pasteurización, son factores que deben evaluarse con precaución.

Como ya se ha detallado en la Figura 8, no se aprecia que la carga de coliformes totales (*E. coli* es una especie dentro de este grupo microbiano) presentes en la leche cruda esté correlacionada con la carga en el queso. Lo anterior permitió concluir que la mayor parte de la contaminación con CT se da durante el proceso de elaboración del queso. En la elaboración de la evaluación cuantitativa de riesgo y ante la ausencia de datos sobre la prevalencia y carga de *E. coli* en la leche, se procedió a utilizar como estimador de la prevalencia en leche, los datos de prevalencia de *E. coli* en los quesos. De esta forma se redujo el grado de incertidumbre inicial, pero a costa de considerar que toda leche contaminada con *E. coli* generaría quesos contaminados. Esta limitante generó que tanto la prevalencia de *E. coli* en la leche, como el efecto reductor de la pasteurización de la leche, fueran los factores más sensibles del modelo. No obstante, si bien esta apreciación pudiera ser cierta, lo es de manera parcial, ya que a lo largo de este estudio se pudo identificar que el proceso de elaboración de los quesos artesanales agrega mucha más contaminación que la que originalmente proviene de la leche (ver Figura 5 y 8) y por lo tanto la pasteurización por sí sola no aseguraría la calidad del producto final.

Figura 9: Análisis de sensibilidad de la probabilidad de efectos adversos por *E. coli* por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina



Es importante remarcar que hubo limitantes en cuanto a la disponibilidad de datos para robustecer esta evaluación de riesgo, la que se hizo bajo supuestos fuertes. Entonces, con base en la modelización del sistema utilizando información escasa, es posible considerar que las condiciones de ordeño de los animales y, por ende, la probabilidad de que la materia prima se contamine con materia fecal, se transforma en el punto más sensible del modelo. Adicionalmente, el tratamiento térmico que pueda realizársele a la leche cruda cobra una especial relevancia teniendo en cuenta el riesgo de cargas microbianas que presenta la materia prima. Sin embargo, hay que tener en cuenta las dificultades de estos agricultores familiares de contar con acceso a fuentes de energía, incluso leña para poder aplicar este tipo de tratamiento.

El tiempo de almacenamiento, en cambio, es una variable de proceso que puede ser modificada con mayor facilidad, buscando que, a mayor tiempo de maduración, las características intrínsecas del mismo (fundamentalmente pH y concentración de sal) pudieran generar un efecto inhibitorio sobre el crecimiento y sobrevivencia de este patógeno en estudio. Sin embargo, en este punto hay que tener en cuenta que el tipo de queso elaborado, es un queso fresco sin maduración, debiendo considerarse que la inclusión de una etapa de maduración, modificaría las características típicas de los quesos artesanales de cabra consumidos en el NOA, además del equipamiento y los costos que implican incluir una etapa de maduración en el proceso. Por otro lado, es interesante tener presente que la disminución de pH es también una alternativa para el control de inocuidad, la que puede ser inducida por la utilización de cuajo natural, entre otras. Por lo tanto, la contaminación inicial de la materia prima y posibles contaminaciones durante el proceso, cobra una distinguida relevancia en la estimación del riesgo para los consumidores. Una mejor calidad microbiológica de la materia prima y el control del proceso de elaboración de los quesos artesanales a partir de leche de cabra, son las variables más relevantes a la hora de mejorar la inocuidad alimentaria de estos productos.

CONCLUSIONES FINALES

Limitaciones del informe

- Los estudios realizados sobre la prevalencia, riesgos y concentración de los principales microorganismos indicadores de calidad de materia prima y patógenos, son escasos. Esto genera incertidumbre sobre su valor real en las diferentes cuencas y su variabilidad, según características particulares.
- El proceso de elaboración de los quesos, si bien sigue un protocolo establecido, es muy variable y, por ende, las fuentes de contaminación pueden ser múltiples y deberían ser contempladas en su totalidad, en el análisis de la evaluación de riesgos.
- Se consideró que entre el 10%-20% de los quesos se elaboran con leche previamente pasteurizada. Este dato es incierto y se lo consideró para poder modelar y contemplar aquellos establecimientos que lo realizan. Un mayor refinamiento de la variable sería deseable, en una futura evaluación de riesgos.
- Las condiciones de almacenamiento (temperatura, lugar) y el tiempo hasta su expendio mostraron una alta variabilidad, propia de las tecnologías artesanales, debiendo profundizarse en este aspecto para poder reducir la incertidumbre en el modelado.
- Es importante señalar que la evaluación de riesgo fue efectuada considerando como patógeno a *E. coli*, el cual no fue cuantificado en términos de concentración en el queso. Mientras que, en leche se debió utilizar los datos de concentración de coliformes fecales, para luego simular la concentración de *E. coli* en queso.
- Además, la evaluación de riesgo pudo ser realizada suponiendo que la prevalencia de *E. coli* en queso tenía correlación alta con la prevalencia de leche; situación no verificable en este estudio.

Conclusiones

1.- Los establecimientos dedicados a la producción y ordeño de cabras destinados a la elaboración de quesos artesanales son, en términos generales, de pequeño tamaño. Cuentan con instalaciones precarias acordes con sus escasos recursos económicos. En la mayoría de estos establecimientos se ordeña en corral de piso de tierra, no

están mecanizados y además no cuentan con protocolos de limpieza y ordeño. A su vez, la mayoría de los productores no han implementado la Guía MILC.

2.- Son escasas las publicaciones disponibles y actualizadas que permiten tomar decisiones sobre las principales enfermedades zoonóticas transmitidas por leche y productos lácteos (brucelosis y tuberculosis). Lo antedicho permite concluir que la sanidad de los animales está débilmente controlada y que no es posible descartar la presencia de dichas enfermedades en estos establecimientos. Sin embargo, en determinadas zonas productivas se realizan diagnósticos para investigación, en forma periódica, generando información relevante al momento de conocer sobre la procedencia de los quesos.

3.- La leche cruda mostró elevados recuentos de coliformes totales. Este grupo microbiano es un reflejo de las malas condiciones de higiene durante el proceso de ordeño.

4.- Las condiciones de producción primaria caprina no son óptimas para la producción de leche, y a su vez en muchos casos no se tiene acceso a agua segura, tanto para la producción de leche, como así también para la elaboración de quesos. Estos factores son de relevancia para asegurar la inocuidad de los quesos.

5.- Los quesos artesanales caprinos responden a procesos de elaboración propios y cumplen un rol estratégico en la soberanía alimentaria de la población del Norte del país. La leche y el queso de cabra han sido evaluados internacionalmente como productos distinguidos, desde el punto de vista nutricional, y resultan un componente fundamental en la alimentación en las familias que lo producen y consumen. Por otra parte, los quesos de cabra presentan características organolépticas que lo convierten en un producto atractivo para la venta y el consumo por parte de los turistas y lugareños.

6.- El cuajo natural es un insumo elaborado por los propios productores que no ha mostrado niveles de patógenos e indicadores microbiológicos que muestren ser un peligro para la salud. Además, este insumo por ser elaborado localmente, contribuye a la sostenibilidad de la actividad y el agregado de valor en origen de la producción.

7.- La implementación de buenas prácticas de manufactura es una herramienta relevante para el aseguramiento de la calidad de los quesos, independientemente de la aplicación de un tratamiento térmico. Sobre todo, considerando que la mayoría de los elaboradores de quesos no cuentan con las condiciones de infraestructura

comunitaria básica (electricidad, luz, caminos, etc.), edificaciones o el equipamiento necesario para el cumplimiento de normativas vigentes para establecimientos lácteos.

8.- Los quesos artesanales elaborados con leche caprina presentan una elevada probabilidad de no ser aptos para el consumo humano y tienen cierto riesgo de generar efectos adversos en los consumidores. Dado que, un elevado porcentaje de estos quesos resultaron positivos para *E. coli*, *Salmonella* spp. y *S. aureus*, incluso con su presencia de manera simultánea.

9.- La presente evaluación de riesgo ha detectado puntos claves para iniciar el proceso de gestión de inocuidad, considerando la calidad de la materia prima y las condiciones de higiene durante el procesamiento y limpieza. Sin embargo, es importante reconocer que la evaluación de riesgos utiliza variables con incertidumbre (ej.: concentración de patógenos como *E. coli* en quesos) que deberían subsanarse para mejorar las estimaciones. No obstante, la incertidumbre es parte de la evaluación de riesgos y ésta no es la excepción. Más allá de estas incertidumbres, la evaluación de riesgos resultó ser válida para modelar el proceso de producción de quesos artesanales elaborados con leche caprina.

Agradecimientos

A todos los productores que han trabajado junto con las instituciones del territorio para mostrar su saber hacer quesero y para mejorar la calidad de sus productos, aportando sus experiencias y formas de producción como así también permitiéndonos extraer datos de materia prima y de los productos elaborados.

REFERENCIAS

- Bravo, G., Bianchi, A., Volante, J., Alderete Salas, S., Sempronii, G., Vicini, L., Fernández, M., Lipshitz, H. Y Piccolo, A. 1999. Regiones agroeconómicas del noroeste argentino. CD Jornadas Sistema de Información Geográfica para la evaluación de recursos naturales, el agroambiente y la planificación rural. INTA-UNSE-Gobierno Santiago del Estero, Santiago del Estero.
- Cabral Ortiz, D.; Mendez, C. R.; Yañez I.; Orosco, S.M; Sanchez, M.V.; Chavez, M.S. 2017. Caracterización de la composición de leche y queso caprino de agricultores familiares del sur de La Rioja, Argentina. X Congreso ALEPRyCS, Punta Arenas, Chile. Publicado en la Revista Argentina de Producción Animal Vol. 37-ISSN 2362-3640 impreso, ISSN 2314-324X online- número especial: 1-167, página 97. Disponible en: http://crilu.org.uy/web/wp-content/uploads/2015/10/Libro-Resumen_Aleprycs2017.pdf
- Calvinho, L.F.; Canavesio, V.R.; Aguirre, N. 1998. Análisis de leche del tanque de frío: Una herramienta para detectar problemas y proponer soluciones. Publicación Miscelánea N° 89: 73-74.
- Calvinho, L.F.; Canavesio, V.R.; Aguirre, N. 2001. Análisis de leche de tanque de frío. Chacra 843: 70.
- Chavez, M. S.; Candotti, J.J.; Torres, N.; Orozco, S.; Rodríguez, T.; Sánchez, C. 2006. Calidad y producción de leche caprina de dos sistemas productivos en el Valle de Lerma (Salta, Argentina). 29° Congreso Argentino de Producción Animal-Mar del Plata (Bs. As.), 18 al 20 de octubre de 2006.
- Chavez, M.; Torres, N; Orosco, S; Sánchez, V.; Candotti, J. 2009. Parámetros de calidad higiénica y sanitaria en leche cruda caprina de sistemas productivos del norte argentino. Resultados presentados en el X Congreso Latinoamericano de Microbiología e Higiene de los Alimentos X COLMIC, Uruguay. También fue publicado en el libro "Síntesis del Material de las Charlas Técnicas Expo Suipacha 2011", pág. 36 y 37.
- Chavez, M. S.; Orosco, S.; Sánchez, V.; Martínez, M.; Torres, N.; Candotti, J. J. 2011. Sistema de producción de leche caprina: Valles Áridos y Quebradas del NOA como caso de estudio. 1^{er} Taller Nacional sobre Tecnologías Productivas disponibles para el sector de los Pequeños Rumiantes en la República Argentina. Mendoza, 8 y 9 de setiembre de 2011.

- Chye, F.Y.; Abdullah, A.; Ayob, M.K. 2004. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. *Food Microbiology*. 21: 535-541.
- Dayenoff, P.; Samartino, L.; Macario, J. 2007. Prevalencia de brucelosis en ganado caprino en Malargüe (Mendoza). 30o Congreso Argentino de Producción Animal. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27 (Supl. 1), 341-342.
- DuPont, H. L.; Formal S.B.; Hornick R. B.; Snyder, M. J.; Libonati, J. P.; Sheahan, D. G.; LaBrec E. H.; Kalas, J. P. 1971. Pathogenesis of *Escherichia coli* diarrhea. *N. Engl. J. Med.*, 285: 1-9.
- ENNyS. 2012. Documento de resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Ministerio de Salud de Argentina.
- Fujikawa, H.; Morozumi, S. 2006. Modeling *Staphylococcus aureus* growth and enterotoxin production in milk. *Food Microbiology*, 23: 260-267.
- Guterbock, W.M.; Blackmer, P.E. 1984. Veterinary Interpretation of bulk tank milk. *Veterinary Clinics of North America: Large Animal Practice-Vol. 6*, nº2, July 1984. 257-268.
- Hayes, M.C.; Ralyea, R.D.; Murphy, S.C.; Carey, N.R.; Scarlett, J.M.; Boor, K.J. 2001. Identification and characterization of elevated microbial counts in bulk tank raw milk. *J. Dairy Sci.* 84: 292-298.
- Heidinger, J.C.; Winter, C.K.; Cullor, J.S. 2009. Quantitative microbial risk assessment for *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus* Enterotoxin A in raw milk. *Journal of Food Protection*, 72: 1641-1653.
- Jayarao, B.M.; Pillai, S.R.; Sawant, A.A.; Wolfgang, D.R.; Hegde, N.V. 2004. Guidelines for monitoring bulk tank milk somatic cell and bacterial count. *J. Dairy Sci.* 87: 3561-3573.
- Lindqvist, R.; Sylvén, S.; Vagsholm, I. 2002. Quantitative microbial risk assessment exemplified by *Staphylococcus aureus* in unripened cheese made from raw milk. *International Journal of Food Microbiology*, 78: 155-170.
- Maher, M.M.; Jordan, K.N.; Upton, M.E.; Coffey, A. 2001. Growth and survival of *E. coli* O157:H7 during the manufacture and ripening of a smear-ripened cheese produced from raw milk. *Journal of Applied Microbiology*, 90: 201-207.

- Ministerio de Salud de la Nación. 2006. Boletín Epidemiológico Periódico N°33. Brucelosis.
- Murphy S.C.; Boor, K.J. 1998. Raw milk bacteria tests and elevated bacteria counts on the farm: A review. En: Proceedings of the Panamerican Congress on Mastitis Control and Milk Quality. Mérida, Yucatán (México), 23-27 de marzo, págs. 232-235.
- Palladino, P. M.; Rodríguez, H.R.; Molina, A.; Moreno, K. P.; Ortigoza, G.; Masana, M.O.; Chavez, M. 2012. Valor Agregado en Origen: Rescate del Cuajo Artesanal en Quesos de Cabra de Amblayo. Congreso VAO 2012.
- Palladino, P. M.; Chavez, M.; Molina, A.; Rodríguez, H.R. 2012. Mejora de la Inocuidad: El caso de los Quesos de Amblayo. INNOVAGRO 2012.
- Palladino, P. M.; Rodríguez, H.R.; Molina, A.; Moreno, K. P.; Ortigoza, G.; Masana, M.O.; Chavez, M. 2012. Inocuidad microbiológica de cuajos utilizados en la elaboración de quesos de cabra artesanales en el valle de Amblayo, Provincia de Salta, Argentina. Congreso MICROAL 2012.
- Palladino, P.M.; Guerra, M.; Del Castillo, L.L.; Sancho, A.; Ortigoza, G.; Chavez, M.S. 2016. Calidad microbiológica de cuajos de cabra artesanales en Luracatao (Salta, Argentina) durante su conservación. VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Córdoba 2016.
- Pérez, A.M.; Ward, M.P.; Torres, P.; Ritacco, V. 2002. Use of spatial statistics and monitoring data to identify clustering of bovine tuberculosis in Argentina. Preventive Veterinary Medicine, 56: 63-74.
- Robles, C.; Gaido, A.; Späth, E.; Torioni de Echaide, S.; Vanzini, V.; Zielinski, G.; Aguirre, D.; Samartino, L.; Rossanigo, C. 2014. Brucelosis caprina en la Argentina. Ediciones INTA.
- Ruiz, S.C.; Lazarte, M.; Coronel, S.; Contreras, M.; Orozco, S.; Chavez, M. 2017. Determinación de la calidad fisicoquímica de leche de cabra del suroeste de Santiago del Estero – Argentina, como estrategia para el agregado de valor. Ponencia en Congreso CONGRACHA 2017, Santiago del Estero, Argentina.
- Saldaño, S.; Chavez, M.; Sánchez, V.; Méndez, R.; Lassalle, E.; Fernández, J. 2019. Calidad de la leche en elaboradores de quesos caprinos de Taco Ralo-Tucumán. Hoja de información técnica N°2. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-ficha2-calidad-leche-tacoralo.pdf>

Scaltritti M.R., Aimar M.V., Chavez M.S., 2013. Guía MILC. Edición INTA.

SENASA. 2014. Informe del muestreo para determinación de prevalencias de brucelosis bovina en la zona de mayor producción bovina en la República Argentina. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/15_d-informe_final_muestreo_brucelosis_bovina_ano_2014_10-12-15.pdf.

Suárez, V.H.; Martínez, G.M.; Gianre, V.; Calvino, L., Chavez, M.; Orozco, A.; Sánchez, V. 2013. Relaciones entre la variación del conteo de células somáticas y la inocuidad microbiológica de la leche de cabra. Trabajo completo. Publicado en la revista Veterinaria argentina Vol. XXX, Nº 306, pág. 1-18.

Torres, N.; Sánchez, V.; Chavez, M. 2017. Indicadores biológicos de calidad higiénica y sanitaria en leche caprina: sistemas caprinos de valles áridos de altura de la provincia de Salta como caso de estudio. XVI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Trezequet, M.A.; Muñoz, G.A.; Rodríguez, R.; Nicola, A.; Marcos, A.; Elena, S.; Franco, C.; López, J.C. 2017. *Brucella melitensis* en caprinos en Santiago del Estero, República Argentina. Vet. Arg. – Vol. XXXIV – Nº 345.

Velarde, I., Vimo, P., Corradetti, M. A., Vértiz, P., Otero, J., Raimundi, J., Espinoza, F. 2010. Las nociones de calidad percibidas por productores queseros de Tandil, Argentina: diversidad de estrategias y tensiones en procesos de desarrollo territorial. Article préparé pour le 116e séminaire "Spatial dynamics in agri-food system: Implications for sustainability and consumer", Parme, 27-30.

Verdier-Metz I.; V. Michel; C. Delbes; M.C. Montel. 2009. Do milking practices influence the bacterial diversity of raw milk? Food Microbiology, 26:305-310.

ANEXO I

Parámetros de la evaluación cuantitativa de riesgos de *E. coli* por consumo de quesos artesanales elaborados con leche caprina

Variable	Símbolo	Unidad	Distribución
Prevalencia de <i>E. coli</i> en leche	P_{Ec}		Bernoulli{Beta(52+1;93-52+1)}
Concentración de <i>E. coli</i> en leche positiva	C_{Ec+}	LogUFC/ml	Normal(2,89; 1,03)
Concentración de <i>E. coli</i> en leche negativa	C_{Ec-}	LogUFC/ml	Uniforme(-4; 1)
¿Pasteuriza la leche?	$Past$		Bernoulli{Uniforme(0,1;0,2)}
Concentración inicial de <i>E. coli</i> en el queso	C_{Ecqi}	LogUFC/g	Si Pasteuriza= C_{Ec-} Si No pasteuriza= C_{Ec+} o C_{Ec-}
pH del queso	pH		Pert(4,70;5,72;6,96)
Concentración de NaCl del queso	$NaCl$	%	Normal(1,46; 0,77)
Temperatura de almacenamiento	$Temp$	°C	Triangular(10; 15; 30)
Tiempo de almacenamiento	$Tiempo$	días	Triangular(1; (Uniforme(3;7)); 15)
Crecimiento de <i>E. coli</i> durante la elaboración	$Crec$	LogUFC/g	PERT (31,48; 177,18; 894,13)
Concentración de <i>E. coli</i> luego de la elaboración	C_{Ecqp}	LogUFC/g	$C_{Ecqi} \times (Crec/100)$
Tiempo de inactivación	$Tiempo_{in}$	días	Uniforme(7; 14)
Reducción decimal lograda	Red	LogUFC/g	$\frac{Tiempo}{Tiempo_{in}}$
Concentración final de <i>E. coli</i> en el queso	C_{Ecqf}	LogUFC/g	$C_{Ecqp} - Red$

Tamaño de la porción de queso consumida	<i>Porción</i>	g	LogNormal(58,8; 48,2)
Dosis de <i>E. coli</i> consumida	<i>Dosis</i>	UFC	$Porción \times CE_{cqi}$
Relación dosis-respuesta	R_{DR}		$1 - e^{(-0,0000000107 \times Dosis)}$
¿Enfermó por <i>E. coli</i> ?	Q_{ins}		Bernoulli(R_{DR})

ANEXO II

Parámetros físicos químicos y sanitarios e higiénicos de leche de cabra ordeñada en corral de tierra con buenas prácticas de ordeño (Guía MILC), en tarima con ordeño mecánico con buenas prácticas de ordeño, en comparación con leche ordeñada manualmente en corral, en la zona de Taco Ralo (Saldaño *et al.*, 2019)

Parámetros determinados en leche Promedio (IC 95%) (n)	Valores de referencia (CAA art 555)	Ordeño manual en corral limpio Con Guía MILC	Ordeño mecánico en sala extracción Con Guía MILC	Ordeño en corral limpio. Sin Guía MILC (Diagnóstico zonal)
pH	6,57-6,96	6,86±0,03 (n=14)	6,77±0,04 (n=41)	6,82±0,02 (n=30)
Acidez Dornic	14,0-22,0	13,1±0,8 (n=14)	14,6±0,8 (n=41)	15,3±0,5 (n=30)
RCS (células/ml)	1.500.000	138.335 (67.608-281.838) (n=14)	68.268 (28.840-158.489) (n=36)	844.979 (660.693-1.096.478) (n=18)
CT (UFC/ml)	CAA no específica. Guía MILC recomienda hasta 600	10 (8-12) (n=14)	19 (14-26) (n=42)	40 (20-78) (n=32)