



RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES BOVINOS

- INFORME FINAL -

MARZO 2019



GRUPO AD HOC “QUESOS ARTESANALES”

Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y
Técnicas



EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

INFORME FINAL

Evaluación de riesgos de quesos artesanales elaborados con leche bovina

A) DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

El Ministerio de Agroindustria –Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca- Dirección Nacional Láctea solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación de riesgos de carácter sanitario que involucre a los pequeños productores que transforman su propia leche o la de sus vecinos en diferentes tipos de productos lácteos (preferentemente quesos).

B) CONFORMACIÓN DEL GRUPO AD HOC “QUESOS ARTESANALES”

Coordinador/es grupo *ad hoc*:

- Dra. Luciana Costabel - Investigadora EEA Rafaela INTA - Calidad de Leche y Agroindustria.

Integrantes grupo *ad hoc* (orden alfabético):

- Ing. Dianela Costamagna - Investigadora EEA Rafaela INTA - Calidad de Leche y Agroindustria.
- Dr. Facundo Cuffia - Investigador del CONICET – Instituto de Lactología Industrial (INLAIN-UNL-CONICET) - Química, microbiología y tecnología de la leche y productos lácteos.
- Lic. Gabriela Audero - Investigadora EEA Rafaela INTA - Calidad de Leche y Agroindustria.
- Dr. Guillermo Hugo Peralta - Investigador del CONICET – Instituto de Lactología Industrial (INLAIN-UNL-CONICET) - Química y bioquímica de queso y fermentos.
- Dra. Irene Albertina Rubel - Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos, Facultad de Ingeniería (FIO), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) - Quesos y Alimentos funcionales.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

- Lic. José A. Valenzuela López - Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET-UNNE) - Biotecnología Microbiana para la Innovación Alimentaria - Microbiología Industrial.
- Ing. Joselina Karlen – INTI Lácteos sede Rafaela - Unidad Técnica de Asistencia Tecnológica y Desarrollo - Gestión de calidad e inocuidad alimentaria.
- Ing. MSc. Leonor Pilatti – Investigadora EEA Catamarca INTA – Agroindustria y calidad de alimentos - Bromatología y tecnología de la industrialización de alimentos.
- Dr. Marcelo Signorini – Investigador de CONICET – EEA Rafaela INTA – Análisis de riesgo en cadenas agroalimentarias.
- Dra. Martha Nuñez - Profesional Técnico Principal de CONICET- Centro de Referencias para Lactobacilos (CERELA) - Diseño y formulación de fermentos para productos lácteos fermentados.
- Dra. Olga Vasek - Instituto de Modelado e Innovación Tecnológica (CONICET-UNNE) - Biotecnología Microbiana para la Innovación Alimentaria - Higiene Alimentaria, Quesos Artesanales, Fermentos lácticos.

STAFF
Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Dirección

Carlos van Gelderen

Coordinación General (CG)

Javier Pardo

Coordinador asistente

María Durrieu

Consejo Directivo (CD)

CIVETAN (Centro de Investigación Veterinaria de Tandil) – Fac. Cs. Veterinarias UNCPBA.

Laura Moreno Torrejón - Paula Lucchesi

ICIVET – LITORAL (Inst. de Ciencias Veterinarias del Litoral) – Fac. Cs Veterinarias UNL.

Laureano Frizzo - Lorena Soto

IGEVET (Inst. de Genética Veterinaria “Ing Fernando Noel Dulout”) – Fac. Cs. Veterinarias UNLP.

Gerardo Leotta - Lucia Galli

INPA (Inst. de Investigaciones en Producción Animal) – Fac. Cs. Veterinarias UBA.

Alicia Fernández Cirelli - Alejandra V. Volpedo

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

Ricardo Rodríguez - Dante Bueno

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

ÍNDICE

INFORME FINAL.....	3
A) DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD.....	3
B) CONFORMACIÓN DEL GRUPO AD HOC “QUESOS ARTESANALES”.....	3
STAFF RED DE SEGURIDAD ALIMENTARIA – CONICET.....	5
ÍNDICE.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
C) ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	10
1. Construcción de un diagrama de flujo de las etapas involucradas en la producción de quesos artesanales elaborados con leche bovina.....	10
Etapas 1: Estado sanitario de los rodeos lecheros.....	10
Etapas 2: Producción de leche: caracterización de los tambos.....	11
Etapas 3: Calidad de la materia prima.....	11
Etapas 4: Elaboración de quesos.....	11
Etapas 5: Caracterización final de los quesos.....	11
Etapas 6: Comercialización del producto.....	11
2. Evaluación cuantitativa de riesgos.....	12
2.1. Prevalencia de <i>S. aureus</i> y <i>E. coli</i> en leche cruda.....	12
2.2. Concentración de <i>S. aureus</i> y <i>E. coli</i> en muestras positivas de leche cruda.....	13
2.3. Efecto de la pasteurización.....	13
2.4. Características intrínsecas del queso y extrínsecas sobre el crecimiento microbiano.....	13
2.5. Tamaño de la porción de queso y dosis consumida.....	15
2.6. Caracterización del peligro o relación dosis respuesta.....	15
2.7. Caracterización del riesgo.....	15
3. Reunión virtual del grupo ad hoc donde se presentaron y discutieron los resultados generados por la evaluación de riesgo.....	16
4. Elaboración del informe final.....	16
D) RESULTADOS.....	17

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

1. Descripción de las etapas que conforman la cadena de producción de quesos artesanales.....	17
2. Evaluación cuantitativa de riesgos.....	39
CONCLUSIONES FINALES.....	43
A) Limitaciones del informe.....	43
B) Principales conclusiones derivadas del trabajo realizado por el grupo ad hoc....	43
C) Agradecimientos.....	45
Referencias.....	46
ANEXO I.....	50
ANEXO II.....	51

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

RESUMEN EJECUTIVO

El Ministerio de Agroindustria –Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca- Dirección Nacional Láctea solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación de riesgos de la producción artesanal de quesos a partir de leche bovina (para establecimientos de baja escala). La elaboración de quesos artesanales en Argentina se desarrolla en la mayoría de los establecimientos lecheros como un recurso económico complementario. Estos productos no se hallan contemplados en la legislación vigente y se elaboran con metodologías que se transmiten familiarmente en forma oral utilizando, en la mayoría de los casos, leche entera cruda de vaca. La venta de quesos se produce en un mercado informal sin ser sometidos a una maduración completa y evaluación microbiológica previa a su destino final, el consumidor. Con tal motivo, la RSA-CONICET conformó un grupo de trabajo *ad hoc* de tipo multidisciplinario constituido por investigadores con experiencia en diferentes aspectos relacionados al proceso de producción de quesos, microbiología y tecnología de alimentos, calidad e inocuidad de leche y productos lácteos, epidemiología, entre otros aspectos. El objetivo de este grupo *ad hoc* fue evaluar cuantitativamente la probabilidad que tiene una persona en nuestro país de padecer una enfermedad causada por *S. aureus* y *E. coli* (dos microorganismos normalmente asociados al consumo de productos lácteos en general y quesos en particular) debido al consumo de quesos artesanales elaborados a partir de leche bovina. Se estableció que la evaluación de riesgos seguiría las cuatro etapas características de este proceso: identificación del peligro, evaluación de la exposición, caracterización del peligro y caracterización del riesgo. Posteriormente, se definieron los productos a evaluar, que consistieron en distintos tipos de quesos artesanales elaborados en cuatro cuencas lecheras de nuestro país: Entre Ríos, Formosa, Corrientes, Buenos Aires y Tucumán, Catamarca y Salta. Se elaboró el modelo teórico que sirvió como guía a lo largo de la evaluación, se realizó una búsqueda exhaustiva de información para luego construir el modelo cuantitativo de riesgos y responder a los objetivos planteados. Una vez diseñado el modelo cuantitativo de riesgos, se realizaron simulaciones del mismo empleando el modelo Monte Carlo, con la asistencia del programa de análisis de riesgos @Risk® versión 7.5 (Palisade, New York). La probabilidad de que los quesos artesanales elaborados con leche bovina contengan niveles de toxina estafilocócica mayores a los umbrales fue estimada en un 41,7%. Por otro lado, la probabilidad de que los consumidores sufran

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

una infección por *E. coli* debido al consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina, fue estimada en 0,14%. Entre los factores asociados al riesgo de que los quesos sean inseguros por contaminación de estos dos microorganismos considerados, fueron la prevalencia y concentración de los patógenos en la leche cruda, la temperatura y el tiempo de almacenamiento de los quesos y, para el caso de *E.coli*, el crecimiento de esta bacteria durante la elaboración del producto. Estos resultados se sustentan en la falta de condiciones edilicias y medios higiénicos adecuados de los establecimientos productores de leche destinados a la elaboración de quesos artesanales. La calidad de la materia prima es deficiente, sumada a una inadecuada manipulación. La mayoría de las plantas elaboradoras de quesos tampoco cuentan con las condiciones edilicias ni el equipamiento necesario para garantizar una correcta elaboración. En gran parte de las mismas, no se implementa un protocolo de adecuada higiene y sanitización de instalaciones, equipamiento y utensilios. El proceso de maduración de los quesos no se realiza según lo establecido por el Código Alimentario Argentino. Las capacitaciones que recibe el personal operativo no son suficientes como para garantizar la seguridad alimentaria durante todas las operaciones y etapas que se desarrollan en el proceso de elaboración de quesos. Por lo expuesto, los quesos artesanales elaborados con leche bovina presentan una elevada probabilidad de no ser aptos para el consumo humano y tienen un importante riesgo de generar efectos adversos en los consumidores por lo que es necesario trabajar en el desarrollo e implementación de una Guía de Buenas Prácticas de elaboración de lácteos para establecimientos de baja escala.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

C) ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Una vez conformado el grupo *ad hoc*, el mismo definió el modelo teórico que guió tanto la búsqueda de información como la construcción de la evaluación cuantitativa del riesgo. Para ello, se procedió a realizar las actividades que se detallan a continuación:

1. Construcción de un diagrama de flujo de las etapas involucradas en la producción de quesos artesanales elaborados con leche bovina (Figura 1).

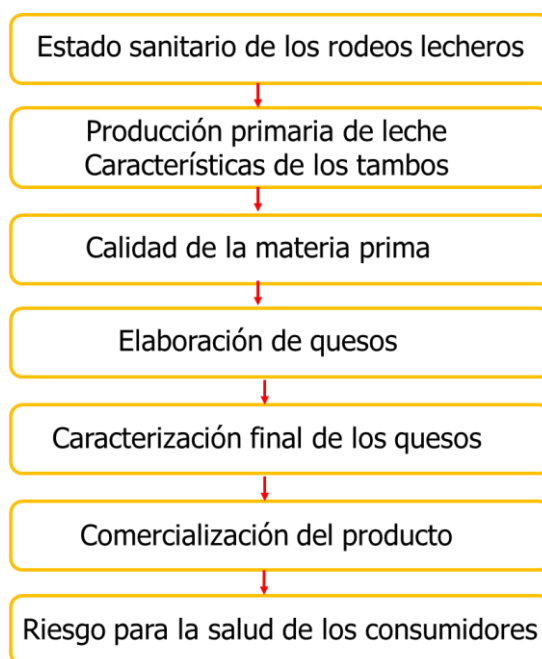


Figura 1: Diagrama de flujo de la evaluación de riesgos por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina

Etapas 1: Estado sanitario de los rodeos lecheros

Se estimó la prevalencia de enfermedades zoonóticas en los rodeos lecheros, específicamente brucelosis y tuberculosis, utilizando información disponible por el Servicio Nacional de Calidad y Seguridad Agroalimentaria (SENASA).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Etapa 2: Producción de leche: caracterización de los tambos

En esta etapa, se contemplaron las condiciones de infraestructura de los tambos destinados a la producción de quesos artesanales que pudieran afectar la calidad e inocuidad de la leche y los quesos.

Etapa 3: Calidad de la materia prima

En esta etapa, se evaluó la calidad de la leche cruda destinada a la elaboración de quesos artesanales en cuanto a su composición físico-química (pH) e higiénico-sanitaria (recuentos de células somáticas y bacterias totales), microorganismos indicadores de higiene y patógenos (*Coliformes*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Brucella* spp.).

Etapa 4: Elaboración de quesos

1. Se definieron los tipos de quesos artesanales y el flujograma de elaboración para cada cuenca en particular, identificando los puntos críticos dónde pueden presentarse peligros microbiológicos.
2. Se realizó una descripción de las condiciones de infraestructura bajo las cuales se producen los quesos artesanales y de la mano de obra.
3. Se relevó información sobre la calidad microbiológica del agua utilizada durante la elaboración de quesos artesanales.

Etapa 5: Caracterización final de los quesos

1. Se realizó una caracterización de cada tipo de queso en cuanto a parámetros de calidad físico-química y microbiológica.
2. Se relevó información acerca de la presencia de aminas biógenas y se estimó la exposición a las mismas por el consumo de quesos artesanales.

Etapa 6: Comercialización del producto

Se realizó un relevamiento de información acerca de la forma y condiciones de comercialización de cada tipo de queso artesanal en las diferentes cuencas.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

2. Evaluación cuantitativa de riesgos

Con base en la información recopilada sobre las diferentes etapas de la producción de quesos artesanales a partir de leche bovina, se decidió realizar una evaluación cuantitativa de riesgos empleando como microorganismos indicadores *S. aureus* y *E. coli*. El motivo de la selección de estos patógenos estuvo basado en el hecho de que son dos microorganismos normalmente asociados al consumo de productos lácteos en general y quesos en particular y que hay datos sobre la presencia y cuantificación de estos microorganismos a partir de estudios realizados en diferentes cuencas lecheras del país.

El modelo fue construido siguiendo las etapas mencionadas en la Figura 1 y desarrolladas previamente. 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 datos para modelar alguna etapa, se emplearon datos a nivel internacional y se identificaron esas etapas como inciertas. El modelo se construyó empleando el software @Risk versión 7.5. Las variables incluidas en el modelo y sus distribuciones de probabilidad se detallan en los Anexos I (Evaluación de riesgos de *S. aureus*) y Anexo II (Evaluación de riesgos de *E. coli*). Se corrieron 5.000 iteraciones del modelo con un sistema de muestreo hipercubo latino.

2.1. Prevalencia de *S. aureus* y *E. coli* en leche cruda

La prevalencia de estos patógenos se modeló empleando los datos consignados en la Tabla 2. Para el caso de *S. aureus*, en tambos de la provincia de Entre Ríos se evaluó la presencia de este microorganismo en 19 establecimientos lecheros, de los cuales 9 dieron positivos. A partir de estos datos se estimó la prevalencia utilizando una distribución Bernoulli con los siguientes parámetros:

$$\sim \text{Bernoulli}[\text{Beta}\{(9 + 1); (19 - 9 + 1)\}; 1]$$

Para el caso de *E. coli*, se emplearon datos obtenidos en un estudio de Catamarca, donde luego de analizar la leche cruda de 15 establecimientos, 1 resultó positiva. La variabilidad en la prevalencia de *E. coli* en leche cruda bovina se construyó a partir de una distribución Bernoulli con los siguientes parámetros:

$$\sim \text{Bernoulli}[\sim \text{Beta}\{(1 + 1); (15 - 1 + 1)\}; 1]$$

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

2.2. Concentración de *S. aureus* y *E. coli* en muestras positivas de leche cruda

La concentración de ambos patógenos en la leche cruda fue modelada empleando los datos aportados por diferentes muestreos realizados en diversas cuencas lecheras (Tabla 2) y la distribución del recuento de *S. aureus* se puede apreciar en la Figura 3. Cabe aclarar que los recuentos microbianos no fueron estadísticamente diferentes en las leches obtenidas de las cuencas evaluadas y por tal motivo no fue necesario considerar en el modelo los aportes particulares de cada cuenca.

2.3. Efecto de la pasteurización

La mayoría de los quesos artesanales son elaborados con leche bovina sin pasteurizar. No obstante, productores de algunas cuencas realizan pasteurización y, en el caso del quesillo, reciben durante su procesamiento un tratamiento de térmico que, si bien no hay ensayos controlados que garanticen que el mismo es equivalente a la pasteurización, podría generar reducciones en las cargas microbianas. De tal forma, se estimó que el 20% de los quesos artesanales son elaborados a partir de leche tratada térmicamente. Se simuló que la pasteurización generaría una reducción total de la carga microbiana y que el control del proceso sería el adecuado. Esta consideración resulta aplicable solo a establecimientos con adecuado control y gestión de la calidad, aspecto poco común de acuerdo con la información relevada.

2.4. Características intrínsecas del queso y extrínsecas sobre el crecimiento microbiano

Una vez elaborado los quesos, los mismos poseen características intrínsecas y extrínsecas que limitan y hasta reducen la carga microbiana en función de su capacidad de adaptación o resistencia a dichas condiciones.

- El pH del queso se consideró variable entre 5,0 y 5,5, siendo el valor más bajo alcanzado durante el proceso de 4,9. Para modelarlo se empleó una distribución Uniforme (5,0; 5,5).
- Otro factor de relevancia es la concentración de NaCl presente en el producto final. En función de los datos recabados sobre los quesos elaborados en diferentes regiones, la misma puede variar entre un mínimo de 1% a un máximo registrado de 2,29%. Estos valores fueron incorporados a una distribución Uniforme (0,01; 0,0229) para capturar la variabilidad existente.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

- 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. Para ello se utilizó una posición conservadora considerando un rango de variación entre 15°C y 25°C a través de una distribución Uniforme. En el caso del quesillo, éste se almacena refrigerado, considerando un rango de variación entre 4°C y 15°C.
- 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. Algunos por sus características organolépticas (quesillo) deben ser vendidos en el término de pocos días (3 días). Por tal motivo, para los quesos en general el tiempo de almacenamiento se lo consideró variable con un valor mínimo de 1 día (consumido el mismo día de elaborado), un valor más probable de 15 días y un máximo de 30 días, empleando una distribución Triangular. Para el caso del quesillo, se utilizó una distribución Uniforme con parámetros mínimo y máximo de 1 y 3 días, respectivamente.

El crecimiento o muerte de *S. aureus* y *E. coli* fue modelado empleando los datos arriba descriptos empleando para ello ecuaciones de crecimiento y sobrevivencia microbiana reportados por Lindqvist *et al.* (2002) y Maher *et al.* (2001). La carga final de cada microorganismo en el queso artesanal fue incorporada a una distribución Poisson para capturar la variabilidad existente.

Para el caso de *S. aureus*, los efectos adversos sobre la salud humana se dan por el consumo de su toxina pre-formada. Por ende, fue necesario modelar la producción de dicha toxina durante el período de almacenamiento de los quesos. Se sabe que la producción de la toxina se da siempre que se cumplan dos criterios: a) temperatura igual o superior a los 15°C y b) concentración mínima de *S. aureus* de 6,5 log UFC/g. Si se dieran dichas condiciones en simultáneo, la producción de toxina será dependiente de la temperatura y tiempo de almacenamiento de acuerdo a lo reportado por Fujikawa y Morozumi (2006). Por otro lado, no todas las cepas de *S. aureus* presentes en la leche producen toxina, por lo que la concentración final de toxina fue corregida mediante una distribución Pert con valores mínimo, más probable y máximo de 0,52; 0,67 y 1, respectivamente, de acuerdo a lo reportado por Heidinger *et al.* (2009).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

2.5. Tamaño de la porción de queso y dosis consumida

El tamaño de la porción de quesos artesanales consumidas por la población fue estimado empleando datos aportados por 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, con una desviación estándar de 48,2 g. La variabilidad en el consumo de queso fue modelada empleando una distribución LogNormal.

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

2.6. Caracterización del peligro o relación dosis respuesta

Para que una porción de queso genere una intoxicación por toxina producida por *S. aureus*, la misma debe superar una dosis límite de 94 ng/porción de queso.

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 $7,46 \times 10^{-8}$.

2.7. Caracterización del riesgo

Finalmente, la probabilidad de que una persona adquiriera una infección por *S. aureus* o *E. coli* fue estimada mediante una distribución Bernoulli, cuya probabilidad de ocurrencia del evento es igual a la probabilidad de que se supere la concentración límite de toxina estafilocócica o la estimada mediante la ecuación exponencial, respectivamente.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

3.- Reunión virtual del grupo *ad hoc* donde se presentaron y discutieron los resultados generados por la evaluación de riesgo.

4.- Elaboración del informe final.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

D) RESULTADOS

1. Descripción de las etapas que conforman la cadena de producción de quesos artesanales

Los resultados que se informan a continuación, surgieron del relevamiento de 19 productores de la provincia de Entre Ríos, 17 productores de la provincia de Formosa, 100 productores de la provincia de Corrientes, 40 productores de la provincia de Tucumán y 15 productores de la provincia de Catamarca. Resulta necesario mencionar que no todos los relevamientos realizados respondieron a todas las etapas detalladas en el diagrama de flujo de las etapas involucradas en la producción de quesos artesanales elaborados con leche bovina (figura 1).

Etapa 1: Estado sanitario de los rodeos lecheros

Es relativamente escasa la información específica disponible sobre el estatus sanitario de los rodeos lecheros bovinos cuya leche se destina a la elaboración de quesos artesanales en las diferentes cuencas lecheras analizadas (Entre Ríos, Corrientes, Catamarca, Formosa, Tucumán y Buenos Aires) (Revelli *et al.*, 2004a; Vasek y Falcione, 2011). Se estima que los animales están libres de zoonosis, aunque no se presenta ninguna documentación que lo avale ni tampoco un régimen de muestreo de rodeos, animales o de leche como parte de un programa de vigilancia epidemiológica.

Ante la falta de datos, tanto de relevamientos realizados con fines de investigación como para vigilancia sanitaria de los rodeos, se empleó como base la información disponible por el Servicio Nacional de Calidad y Seguridad Agroalimentaria (SENASA). Los peligros potencialmente identificados en este nivel y que pudieran tener relevancia para el consumidor, son la presencia de brucelosis y tuberculosis.

Brucelosis

Un estudio transversal realizado a nivel nacional por el SENASA evaluó la presencia de brucelosis en un total de 30.508 bovinos, de los cuales 246 resultaron positivos (SENASA, 2014). De tal forma, la prevalencia animal fue estimada, a nivel nacional, en un 0,81% (IC 95% = 0,56%; 1,05%). De los 810 predios muestreados, 100 resultaron positivos, siendo la prevalencia a nivel de rodeo del 12,35% (IC 95% = 10,09%; 14,60%). La prevalencia animal y de rodeo por provincias se resume en la Tabla 1.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Tabla 1: Prevalencia de brucelosis (animal y predial) a nivel provincial.

Provincia	Prevalencia animal (%)	Prevalencia de rodeo (%)
Santa Fe	1,24	8,97
Formosa	1,32	13,55
Córdoba	1,09	12,86
Buenos Aires	1,02	14,83
Corrientes	0,40	11,28
Entre Ríos	0,50	12,38
Salta	0,42	13,04

Los resultados obtenidos indicaron que no existe un agrupamiento espacial de los casos, es decir que no pudo identificarse ningún *clúster* de agrupamiento, lo cual hace suponer que los establecimientos positivos a brucelosis se encontrarían distribuidos en forma homogénea a nivel nacional.

Como resultado general, si bien la prevalencia animal es baja, la prevalencia de predios se mantiene en los mismos valores que los observados dos décadas atrás. Esto significa que la misma proporción de establecimientos aún mantienen al menos un animal positivo dentro del establecimiento, que se transforma en la fuente de infección tanto de los animales del mismo rodeo como de otros establecimientos. Lo anterior indicaría que no ha existido un saneamiento efectivo, ya sea porque los establecimientos no lo realizan o bien lo llevan adelante sin conocer que existen otros establecimientos que se mantienen infectados y reintroducen la enfermedad en los establecimientos negativos. Por lo tanto, no es posible descartar la presencia de este patógeno en la leche cruda y, si la misma no recibe un tratamiento térmico adecuado, es posible que el patógeno permanezca viable en los quesos elaborados con dicha leche. De hecho, la transmisión de brucelosis a los humanos tiene dos grandes rutas, la exposición laboral y el consumo de leche cruda y productos lácteos elaborados con leche sin pasteurizar.

Tuberculosis

El control y erradicación de la tuberculosis a nivel nacional se basa en la prueba tuberculínica, seguida del sacrificio de los animales reactivos, donde la inspección veterinaria dirigida a detectar animales con lesiones ha alcanzado excelente organización y calidad. Desde el año 1971 hasta la fecha se ha observado una paulatina disminución de la prevalencia de animales con lesiones compatibles a tuberculosis, ubicándose en la actualidad en un nivel inferior al 0,5% (Torres, 2016).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

A partir de los datos obtenidos de la vigilancia epidemiológica realizada por el SENASA en los frigoríficos con inspección federal durante los años 1995-1997, fue posible identificar agrupamientos o *cluster* primarios de tuberculosis (Pérez *et al.*, 2002). Los mismos coinciden con las regiones de mayor producción lechera de la Provincia de Córdoba y Santa Fe, en donde se encuentra el 21% de los rodeos lecheros nacionales y producen el 34% de la producción láctea en Argentina. Los resultados permiten inferir que la tuberculosis se encuentra agrupada regionalmente y podría confirmarlo la mayor prevalencia de la enfermedad en las áreas lecheras obtenida en reportes previos.

Consideraciones finales de esta etapa:

- No se encontró información suficiente que permita estimar el estatus sanitario de brucelosis y tuberculosis en los rodeos bovinos cuya producción se destina a la elaboración de quesos artesanales.
- La situación sanitaria de los rodeos bovinos con respecto a las dos principales enfermedades zoonóticas de relevancia para la producción lechera muestra un estancamiento en las prevalencias de animales y de rodeos.
- Si bien dicha prevalencia no parecería ser de gravedad, no es posible descartar la presencia de animales positivos a una o ambas enfermedades en los rodeos lecheros bovinos destinados a la producción de quesos artesanales.
- De acuerdo a lo anterior, tampoco sería posible omitir que ambos patógenos pudieran estar presentes en la leche destinada a la elaboración de quesos artesanales y ser una fuente potencial de exposición en humanos, fundamentalmente si la leche no sufre un tratamiento térmico que garantice la destrucción de dichos patógenos (como es el proceso de pasteurización).

Etapa 2: Producción de leche: caracterización de los tambos

Los tambos bovinos destinados a la producción de quesos artesanales suelen ser de pequeña escala, aunque con rangos de variación en la producción diaria de leche muy amplios. En Entre Ríos, los tambos pueden tener producciones diarias que oscilan entre 150 L y 3.000 L. En cambio, en Formosa la actividad lechera está caracterizada por producciones familiares de menos de 50 vacas que producen entre 3 y 5 L/vaca/día.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

En cuanto a los productores lecheros que destinan su producción a la elaboración de Quesillo, los tambos no cuentan con sala de ordeño, siendo sus instalaciones muy precarias, normalmente ubicadas junto a los corrales de encierre de animales. En términos generales, todas las instalaciones tienen techo, aunque ninguna tiene pared o cuentan con una sola pared, con piso de tierra o alisado de cemento. El ordeño se realiza mayormente de forma mecánica (80%).

Por su parte, en la provincia de Corrientes, los tambos son igualmente de baja escala, con un rango de vacas en ordeño de 3 a 30 y un promedio de producción diario por productor de 25 L (solamente el 15% de los establecimientos alcanza una producción de 150 L/día). El ordeño se realiza de manera manual y a campo abierto, es decir, los establecimientos no cuentan con instalaciones ni equipamiento específico para ordeñar los animales. La leche obtenida no se refrigera y es procesada inmediatamente luego del ordeño.

En la provincia de Buenos Aires, con un perfil elaborador de quesos, el 87% de la producción de las empresas es quesera; el entramado productivo produce 3.300 toneladas anuales e industrializa el 20% de la leche producida en el territorio con un procesamiento de 100.000 litros diarios. Se encuentra emplazado en la Cuenca Lechera Mar y Sierras que cuenta con 193 tambos y produce 365 millones de litros anuales. La producción de quesos genera 189 empleos directos (sin contar las demás actividades de las empresas) (Cluster Quesero, 2016).

Si bien no se ha realizado un relevamiento exhaustivo de los tambos, los resultados microbiológicos y los recuentos de células somáticas (RCS) encontrados en materia prima demuestra una incorrecta rutina de ordeño, falta de limpieza y desinfección de equipos e instalaciones y de identificación de casos de vacas con mastitis. Tampoco fue analizada la presencia de residuos de drogas veterinarias y de micotoxinas, peligros que no deberían excluirse de una evaluación de riesgos.

Consideraciones finales de esta etapa:

- Las explotaciones lecheras que destinan su producción para la elaboración de quesos artesanales son mayoritariamente familiares (siguiendo una tradición familiar) y de baja escala productiva. Muchas veces, la actividad se realiza

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

debido a la falta de infraestructura de caminos que les impide ampliar su explotación o entregar la leche a empresas más grandes.

- La mayoría de los productores no cuentan con instalaciones ni equipamiento que garantice un ordeño sanitario y un correcto almacenamiento de su producción.

Etapa 3: Calidad de la materia prima

Para las diferentes cuencas lecheras se dispuso de información procedente, en su mayoría, de monitoreo de tipo no regular (Costabel *et al.*, 2016; Oliszewski *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2012; Oliszewski *et al.*, 2007; Revelli *et al.*, 2004b). En la Tabla 2 se resume la información disponible a partir de la cual se realizó la presente evaluación de riesgos.

Tabla 2: Resumen de la información disponible sobre parámetros de calidad de la leche (promedio \pm DS) producida por los establecimientos lecheros bovinos elaboradores de quesos artesanales.

Parámetro	Entre Ríos N=19	Corrientes N ₁ = 20 ¹ N ₂ = 24 ²	Catamarca N= 15	Formosa N= 17	Chaco N= 4	Promedio
Recuento de células somáticas (células/mL)	512.235 \pm 268.246			127.666 \pm 148.323		420.000 \pm 294.384
pH	6,63 \pm 0,087		6,65 \pm 0,085	6,61 \pm 0,075		6,63 \pm 0,082
Recuento de aerobios totales	3,58 \pm 1,74	6,47 \pm 1,20 ¹	4,05 \pm 0,96	5,17 \pm 0,96	3,32 \pm 0,66	4,18 \pm 1,43
Recuento de Coliformes totales	>1000 UFC/ml 1/19 (5,2%)	4,17 \pm 1,35 ¹ 3,37 \pm 0,70 ²	2,97 \pm 1,10	1,86 \pm 0,79	1,45 \pm 1,12	2,21 \pm 1,09
Recuento de Coliformes fecales		3,82 \pm 1,36 ¹	2,51 \pm 0,56	0,75 \pm 0,48	0,96 \pm 0,97	1,49 \pm 1,05
Recuento de <i>E. coli</i>		2,85 \pm 1,42 ¹ 2,23 \pm 1,50 ²	Prevalencia 1/15 (6,66%)			
Recuento de <i>S. aureus</i>	Prevalencia 9/19 (47,36%)	3,07 \pm 1,30 ¹ 2,78 \pm 1,02 ²	2,49 \pm 1,99	0,93 \pm 1,31		1,29 \pm 1,33
Brucelosis	Presencia 0/19			Presencia 0/13		

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

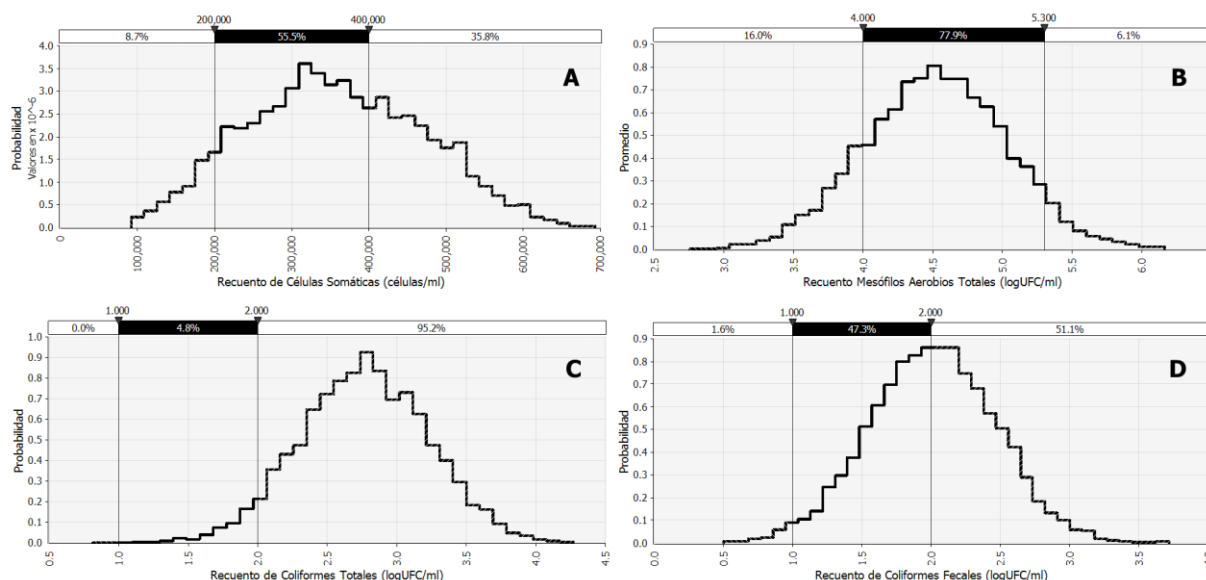
Los datos consignados en la Tabla 2 fueron agrupados para obtener una distribución de frecuencias (Figuras 2 y 3) de los recuentos microbianos y de células somáticas (RCS) en leche a nivel nacional.

Según lo establecido por el Código Alimentario Argentino (Art. 556 tris), las leches de cualquier especie no deberán superar las 400.000 células/mL de leche. De acuerdo a lo observado en la Figura 2A, el 35,8% de las leches bovinas producidas con destino a la elaboración de quesos artesanales superan dicha cifra. Valores elevados de RCS son indicativos de mala salud de la ubre, fundamentalmente mastitis, con el potencial riesgo de presencia de agentes microbianos, que son a su vez zoonóticos, como el caso de *S. aureus*.

El CAA establece un límite máximo para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos totales de 200.000 UFC/mL o 5,3 logUFC/mL. Los tambos incorporados como información para esta evaluación excedieron dicho límite en un 7,0%, mientras que solo el 16% de los establecimientos produjeron leche con menos recuentos de microorganismos aerobios totales que los establecidos (10.000 UFC/ml) para considerarla una leche de excelente calidad (Figura 2B). 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 ni suministra datos sobre la capacidad de conservación de un producto ni sobre 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 en los equipos y en los procedimientos de ordeño, inadecuada calidad microbiológica del agua y las deficientes condiciones de almacenamiento de la leche en el tambo (Chye *et al.*, 2004; Jarayao *et al.*, 2004).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Figura 2: Distribución de probabilidad de la presencia de microorganismos indicadores de calidad de la leche cruda.



Referencias: A) Recuento de células somáticas; B) Recuento de aerobios mesófilos totales; C) Recuento de coliformes totales; D) Recuento de coliformes fecales.

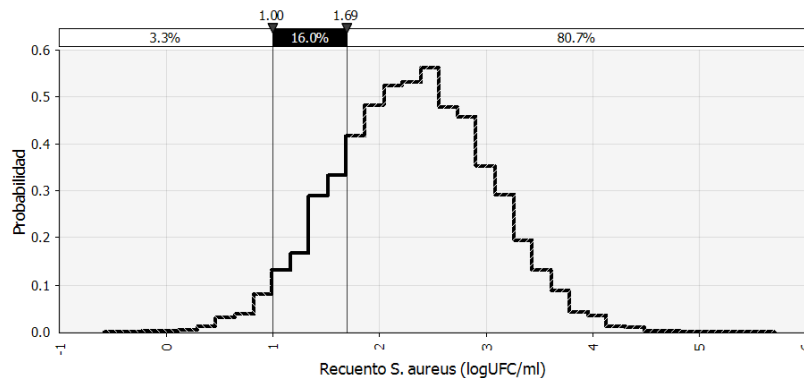
Por su parte, los recuentos de microorganismos coliformes totales, coliformes fecales y de *E. coli* en particular, indican contaminación fecal de la leche, generalmente a través de higiene deficiente de la rutina de ordeño o del equipo de ordeño (Murphy & Boor, 1998, Verdier-Metz, *et al.*, 2009). Además, son responsables de la hinchazón precoz y de la aparición de gustos indeseables en quesos. Las estimaciones realizadas con base en la información aportada indican que el 95,2% de los establecimientos lecheros presentarían recuentos de coliformes superiores a 100 UFC/mL (Figura 2C), el cual es considerado como valor de excelencia en leche de tanque de frío (Guterbock & Blackmer, 1984, Murphy & Boor, 1998). En cuanto al recuento de coliformes fecales, los modelos de simulación estimaron que más del 50% de los tambos que proveen leche para la elaboración de quesos artesanales tendrían recuentos superiores a 2 logUFC/mL de leche (Figura 2D).

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.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

En cuanto a la presencia de patógenos zoonóticos, lo ideal sería la ausencia de los mismos de la leche cruda producida. Con respecto a *S. aureus*, se estima que aproximadamente el 50% de los establecimientos lecheros tendrían presencia del patógeno y algo más del 80% lo tendría en concentraciones superiores a las 50 UFC/mL de leche cruda (Figura 3). El *Staphylococcus aureus* es reconocido como el principal responsable de la mastitis clínica y subclínica en el ganado lechero.

Figura 3: Distribución de probabilidad del recuento de *S. aureus* en leche cruda.



Son pocos los datos disponibles sobre la presencia de *Brucella* spp. en leche cruda. Solamente se contó con datos a partir de muestreos realizados en tambos de las provincias de Entre Ríos y Formosa, donde ninguna de las 32 muestras analizadas fue positiva para este patógeno zoonótico. Realizando estimaciones Bayesianas, fue posible estimar que la prevalencia rondaría el 2,94% (DS = 2,86%). Estos datos, sumados a los aportados por SENASA sobre relevamientos realizados a nivel nacional, pueden ayudar a dimensionar la prevalencia de este patógeno.

Las estimaciones anteriores fueron realizadas en cinco cuencas lecheras del país para las cuales se contaba con información cuantitativa para poder modelar la calidad sanitaria de la leche cruda. Para el caso de la cuenca de la provincia de Buenos Aires, si bien no se contaban con datos cuantitativos suficientes, un estudio realizado por Velarde *et al.* (2010) aporta información que sustenta los resultados anteriormente detallados. En dicho estudio se describen los parámetros que indican la calidad composicional de la leche obtenidos de quince queserías:

- a) un 53% de las queserías analizadas parten de materias primas que superan los parámetros establecidos por el CAA.
- b) el 40% del total de la leche producida proviene de rodeos con altos RCS.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

c) el 66,6% de la leche empleada como materia prima de quesos artesanales supera el límite aceptado en cuanto al recuento de microorganismos coliformes.

Consideraciones finales de esta etapa:

- La calidad microbiológica de la leche cruda destinada a la elaboración de quesos artesanales no se ajusta, mayoritariamente, a las exigencias del CAA para establecimientos que producen leche que no será pasteurizada.
- Las precarias condiciones edilicias y sanitarias de los rodeos, descritas en la etapa anterior, se reflejan en dichos recuentos de microorganismos indicadores registrados.
- El análisis en conjunto de los resultados microbiológicos, permitió concluir que, si bien la carga microbiana total es elevada, no sería evidencia suficiente de un riesgo para la salud del consumidor. No obstante, leches con altos recuentos de microorganismos totales, darán quesos defectuosos o con desviaciones de su calidad organoléptica. La principal contaminación se da en el grupo de microorganismos coliformes, lo que es un indicio de contaminación fecal, posiblemente debido a mala higiene durante el ordeño y almacenamiento de la leche.
- Es necesario destacar la elevada prevalencia y carga de *S. aureus* en las leches, dado que este peligro es zoonótico y de alto impacto en salud pública. Este microorganismo y *E. coli*, surgen como los dos patógenos de interés para ser estudiados en la presente evaluación de riesgos.
- Otro factor que no debe desestimarse, es el potencial tóxico de las aminos biógenas, aspecto que debería estudiarse con mayor profundidad.

Etapa 4: Elaboración de quesos

A) Agua empleada en las queserías

Los datos disponibles sobre la calidad del agua empleada durante la elaboración de quesos artesanales son escasos. No obstante, esos datos concuerdan en que un alto porcentaje de establecimientos el agua de proceso no reunía los requisitos establecidos por el CAA. Los recuentos de bacterias mesófilas totales y coliformes fueron elevados y representan los desvíos más comúnmente encontrados, respecto a

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

los indicados en el CAA. De igual forma, el lavado de los reservorios de agua no se realiza de manera rutinaria, se emplea agua de perforación o de lluvia, pero no tratada conforme a los requisitos establecidos por la legislación nacional para un establecimiento elaborador de alimentos.

Con base en lo anterior, se concluye que el agua empleada durante la elaboración de quesos artesanales debe ser considerada como una fuente de contaminación durante el proceso, especialmente desde los parámetros microbiológicos, por su alta carga de microorganismos coliformes.

B) Producción de queso

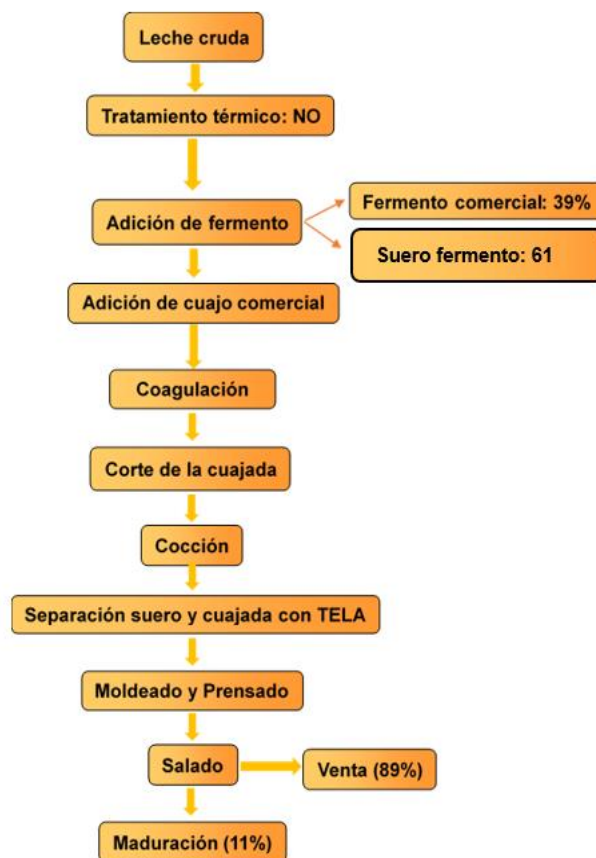
Tipos de quesos elaborados y flujograma de elaboración para cada cuenca en particular.

B.1.- Entre Ríos:

En los tambos evaluados se elabora queso tipo Sardo, aunque con mayor humedad y contenido graso que el tradicional (Costabel *et al.*, 2016). Se comercializan a los 15 días de elaborados. El diagrama de flujo se muestra en la Figura 4 (Pérez *et al.*, 2012).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Figura 4: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso Sardo en la provincia de Entre Ríos.



B.2.- Formosa

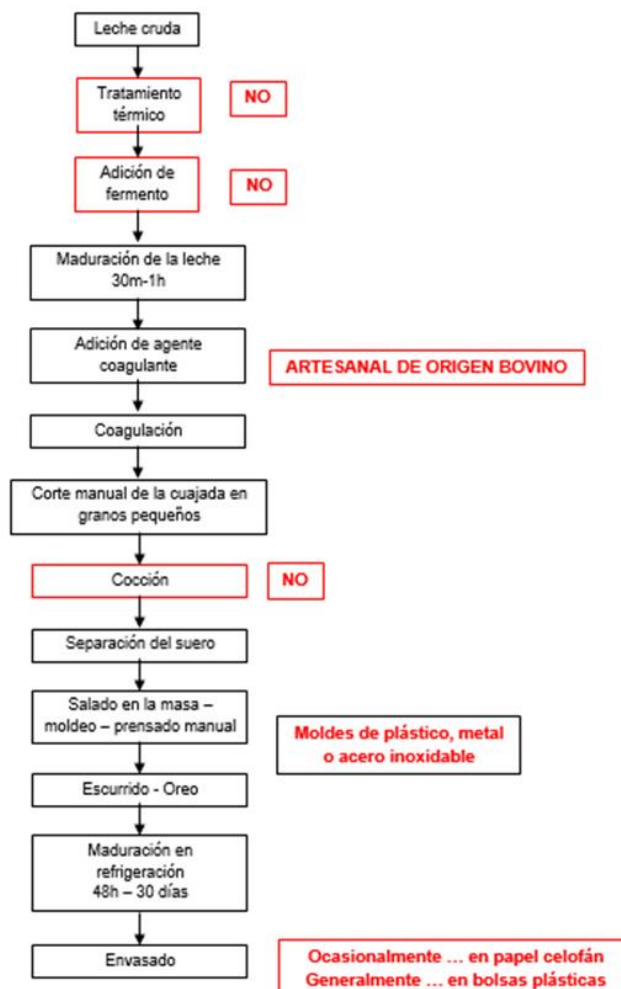
No se dispone del proceso de elaboración de quesos realizados en esta cuenca.

B.3.- Corrientes

Se elabora un Queso artesanal o Queso de campo que se comercializa desde muy fresco hasta con 30-40 días de maduración. El proceso característico de elaboración se detalla en la Figura 5.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Figura 5: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso artesanal en la provincia de Corrientes.

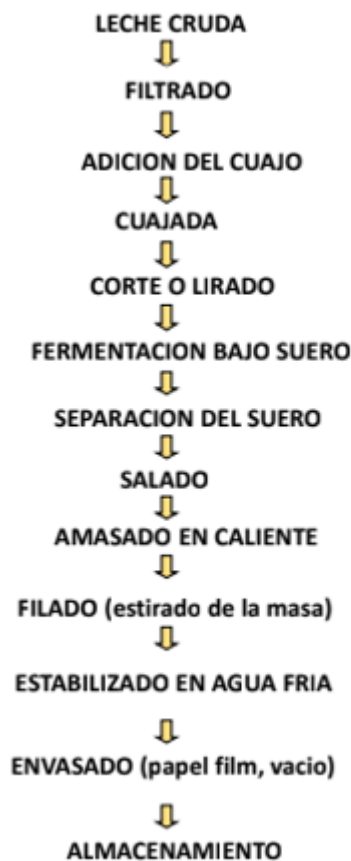


B.4.- Tucumán, Catamarca y Salta

En estas provincias se elabora el tradicional Quesillo. El flujograma descriptivo del proceso se detalla en la Figura 6 (Olszewski et al., 2007; IRAM, 2002; Pilatti et al., 2017).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Figura 6: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de quesillo en las provincias de Tucumán, Catamarca y Salta



En términos generales, el 100% de los establecimientos relevados no pasteuriza la leche, la cual solo pasa por un proceso de filtrado con lienzos reutilizables. El amasado se realiza en caliente (83°C) que se supone reemplazaría a la pasteurización. No obstante, no se cuentan con estudios de equivalencia de tratamiento térmico empleando parámetros específicos establecidos por el CAA.

El cuajo es siempre de tipo natural en los elaboradores “tradicionales” y de tipo químico entre los elaboradores “comerciales”. El cuajo natural se prepara empleando estómagos de bovino adulto, salados y secos y leche cruda. Después de 24 h a temperatura ambiente, el cuajo madre se guarda en un frasco limpio y con tapa, a temperatura de refrigeración que se emplea diariamente y durante 7 días, adicionando aproximadamente 250 mL /10 L leche.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Para los quesilleros tradicionales (los cuales utilizan cuajo natural) la coagulación no se desarrolla como un proceso estandarizado, dado que puede ir desde 5 h en verano hasta 12 h o más en invierno (dependiendo de la temperatura y de la fuerza del cuajo). Los elaboradores comerciales calientan la leche hasta alcanzar los 42°C, a los 20 min realizan el primer corte, repiten la operación tres veces y dejan reposar (1,5 a 4 h). Este proceso de coagulación está guiado por mediciones eminentemente empíricas, principalmente en las elaboraciones tradicionales.

B.5.- Buenos Aires

Puede observarse que los productores que trabajan con más de 2000 L de leche son los que llevan a cabo el proceso de pasteurización. En algunos de estos casos, la leche es enfriada lentamente hasta llegar a la temperatura deseada, corriendo el riesgo de posibles recontaminaciones. Del total de productores relevados sólo tres (20%) utilizan para la elaboración de quesos, leche cruda sin refrigerar y sin pasteurizar. En apoyo a estas observaciones, otros autores detectaron diversas problemáticas como la dificultad para habilitar las plantas, la escasa cantidad de empresas que tenían implementado buenas prácticas de manufactura y la falta de controles de materias primas, insumos y productos de algunas empresas (Campanaro, 2016).

El fermento que utilizan la mayoría de los productores es de elaboración propia, ya sea láctico o suero (sólo tres compran fermento liofilizado). Se desconocen, en todos los casos, las condiciones en las que son almacenados. No controlan la salmuera, lo que podría generar contaminación con microorganismos patógenos y un sabor no deseado a los quesos.

En cuanto a la maduración de los quesos, ninguno de los productores los madura el tiempo que indica el CAA. Otros puntos que se desprenden de los procesos de elaboración y que son comunes entre la mayoría de los productores, son los siguientes:

- Ninguno de los elaboradores realiza análisis fisicoquímicos ni microbiológicos de la leche, ni de ninguna de las demás materias primas que utilizan.
- Las condiciones en que realizan el desuerado no son las óptimas, corriendo el riesgo de recontaminación.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

- Durante el proceso de elaboración el 80% no controla parámetros productivos como pH, acidez y densidad de salmuera.
- El 84% no realiza un mantenimiento adecuado de la salmuera, evidenciándose en altos recuentos de hongos y levaduras.
- En ningún establecimiento, se cumple con la maduración mínima de los quesos que especifica el CAA debido a su forma de comercialización.

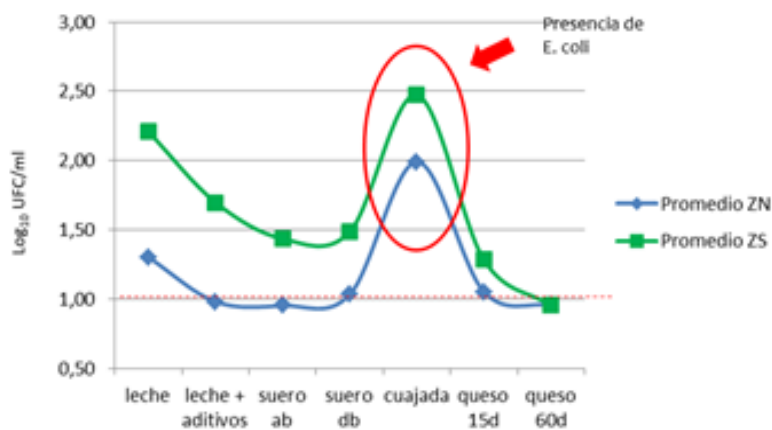
Comentarios finales sobre el proceso de elaboración de quesos:

- La materia prima es entregada directamente desde los tambos o la fábrica se encuentra directamente en el mismo establecimiento de ordeño. La materia prima normalmente no se almacena bajo refrigeración y no se le realiza ningún tipo de análisis físico-químico o microbiológico antes de su elaboración.
- 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.
- Si bien el cuajo comercial es utilizado por una parte de las queserías relevadas, el cuajo natural es la forma más empleada para elaborar quesos, siendo éste un punto relevante de contaminación durante el proceso.
- Bajo o nulo control del proceso de elaboración.
- El período de maduración de los quesos no se respeta, siendo en todos los casos sensiblemente menor a los 60 días establecidos por el CAA.

Todo lo anterior implica que, a la contaminación natural de la leche cruda que se utiliza como materia prima, se le incorpora contaminación microbiológica derivada del proceso de elaboración de los quesos. Lo anterior puede observarse en la Figura 7 que analiza la evolución del recuento de coliformes durante el proceso de elaboración (Costabel *et al.*, 2016). Es posible observar que se parte de una carga microbiana elevada producto de la no pasterización de la leche y la mayor contaminación microbiológica se presentó en etapas en las cuales existe manipulación de la cuajada (corte y moldeo), lo que pone de manifiesto una higiene inadecuada de manos y utensilios.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Figura 7: Evolución del recuento de microorganismos coliformes durante el proceso de elaboración de quesos artesanales en queserías de la zona norte (ZN) y zona sur (ZS) de la provincia de Entre Ríos.



C) Instalaciones y mano de obra

C.1.- Entre Ríos

Los establecimientos relevados no poseen agua potable y el 89% no realiza un procedimiento adecuado de limpieza y desinfección. En cuanto al equipamiento y utensilios, el 90% cuenta con tinas y mesas de acero inoxidable y un 79% utiliza utensilios de madera. El 74% de las prensas utilizadas en el proceso están construidas de material apto para el contacto con productos alimenticios. El 79% de los establecimientos no cuenta con ingreso sanitario y el 68% no presenta instalaciones eléctricas adecuadas para una planta elaboradora de alimentos. Las condiciones edilicias generales (pisos, paredes, techos/cielorrasos, aberturas, barreras anti-plagas, luminarias, ingreso sanitario e instalaciones para higiene del personal) fueron precarias en un 84% de los casos. Las instalaciones e higiene de los utensilios y operarios no permite eliminarlas como fuentes de contaminación cruzada (Costabel *et al.*, 2016).

C.2.- Formosa

Los establecimientos queseros relevados no cuentan con servicios básicos (luz, agua potable). La mano de obra es principalmente familiar y el proceso de producción está

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

regido por aspectos culturales y baja formación en manipulación de alimentos. En general, la actividad quesera está determinada por las precipitaciones en zona alta (producción entre diciembre y mayo) y la crecida del río en zona del bañado (producción entre junio y noviembre).

C.3.- Corrientes

Generalmente la “quesería” tradicional consta de una sola habitación como parte de la casa familiar, con una superficie cubierta donde se elaboran los quesos de aproximadamente 30-40 m² y en general, no cuentan con veredas perimetrales. Los pisos son de cemento alisado, las paredes de mampostería con revoque y pintura. Los techos son de chapa, en algunos casos con cielorraso interno. No existen barreras anti-plagas en las aberturas y la ventilación es natural. La iluminación es buena, todos cuentan con suministro de energía eléctrica. La distancia entre quesería y explotación animal es de aproximadamente 20-30 m.

C.4.- Tucumán, Catamarca y Salta

Las instalaciones disponibles en los establecimientos elaboradores de quesillo están caracterizadas por los siguientes aspectos: techos, paredes y pisos lavables. Ventanas con telas mosquiteras, puertas con telas mosquiteras. Mesadas azulejadas o de acero inoxidable. Disponibilidad de luz eléctrica, agua potable de red o potable pero que proviene del tanque. La mayoría de los establecimientos no cuentan con agua caliente. En cuanto a los utensilios, poseen ollas de aluminio o enlozadas, cuentan con heladeras y/o freezer. Dentro del aspecto instrumental, cuentan con balanza, probeta (donde miden el volumen del cuajo) y termómetro. No todos disponen de pHmetro.

C.5.- Buenos Aires

No se dispone de información sobre instalaciones y mano de obra para esta provincia.

Etapas 5: Caracterización final de los quesos

1- Entre Ríos

En el CAA, en función del contenido de humedad los quesos clasifican como de pasta semidura o de mediana humedad (contenido de humedad entre 36% y 54,9%). Respecto al contenido de grasa, se clasifican como quesos grasos (contenido de

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

materia grasa en el extracto seco entre 45% y 59,9%). El valor promedio de NaCl de los quesos relevados fue 2,29 %, siendo el valor superior a los encontrados frecuentemente en este tipo de queso (menores al 2%). Esto se debe a que en la mayoría de los establecimientos no se respeta el tiempo de permanencia de los quesos en salmuera, que debería ser de un día por kilo, sino que los quesos permanecen mayor tiempo en salmuera, hasta el momento en que son retirados por el acopiador (Costabel *et al.*, 2016).

La calidad microbiológica de los quesos fue analizada en dos momentos del período de maduración: a los 15 días (tiempo en el cual los quesos generalmente salen a la venta) y a los 60 días (tiempo mínimo que deberían madurarse los quesos duros cuando se elaboran con leche cruda según el CAA) (Costabel *et al.*, 2016).

- **Bacterias coliformes:** A los 15 días de maduración, los quesos de un 17% de los establecimientos presentaron un recuento de coliformes totales que superaron el valor establecido por el CAA (<10 UFC/g). A los 60 días de maduración, el nivel de coliformes disminuye, pero aún se presentaron un 6% de quesos con un recuento >10 UFC/g.
- ***Escherichia coli* y *Salmonella*:** Los recuentos de ambos microorganismos estuvieron dentro de los límites establecidos por el CAA (ausencia de *E. coli* y *Salmonella*).
- ***Staphylococcus aureus*:** A los 15 días de maduración, el 50% de los quesos presentaron presencia de *S. aureus*. El CAA establece que en los quesos este microorganismo debe estar ausente. A los 60 días de maduración, si bien los recuentos disminuyen, los valores fueron positivos, ya que en un 44% de los quesos analizados se detectó presencia de este microorganismo.

Nota: Esto pone de manifiesto que cuando se elaboran quesos con leche cruda, los 60 días de maduración establecidos en el CAA no son suficientes para garantizar inocuidad. Cuando se trabaja con leche cruda, se deben establecer criterios de calidad de materia prima y proceso que aseguren la inocuidad del queso elaborado.

2- Formosa

Según el CAA, en función del contenido de humedad, se consideran quesos semiduros (contenido de humedad entre 36% y 54,9%). En función del contenido de

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

materia grasa se consideran quesos grasos (contenido de materia grasa en el extracto seco entre 45% y 59,9%) a los producidos en la zona de El Bordo y semi-grasos los elaborados en la zona de El Bañado (contenido de materia grasa en el extracto seco entre 25% y 44,9%). Se destaca el elevado contenido de sal en los quesos producidos en la región de El Bordo (>2%).

En cuanto a la calidad microbiológica de dichos quesos, las principales características son las siguientes: ausencia de *Salmonella* y *Listeria*. El 69% de los quesos tuvieron recuentos de bacterias coliformes >20 UFC/ml. *E. coli* se identificó en un 31% de los quesos. Si bien el microorganismo *S. aureus* no fue determinada en todas las muestras, dos de las muestras de queso analizadas presentaron recuentos de *S. aureus* elevados.

3- Corrientes

Son quesos con un contenido de materia grasa entre 49% y 53% y un contenido final de NaCl entre 1 y 2%. En cuanto a la calidad microbiológica, los análisis realizados arrojan recuentos de coliformes totales entre 4,50 y 6,04 log UFC/g; *E. coli* en niveles de 2,04 y 4,04 log UFC/g de queso. Los recuentos de *S. aureus* fueron menores a 2,04 log UFC/g y no se detectó la presencia de *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes*.

4- Tucumán, Catamarca y Salta

El quesillo es un queso de pasta blanda de mediana a alta humedad.

Se conserva en heladera por solo 3 días (debido a que, por la forma, posterior a ese tiempo comienza a perder las características de masa hilada transformándose en una masa homogénea).

5- Buenos Aires

Todas las muestras de quesos analizadas fueron aptas para consumo. A pesar de presentar desarrollo bacteriano, éste siempre estuvo dentro de los criterios de aceptación establecidos por el CAA.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Aminas biógenas

Las aminas biógenas son compuestos orgánicos que se producen por la decarboxilación de aminoácidos en una reacción catalizada por enzimas decarboxilasas. Niveles elevados de ciertas aminas biógenas en alimentos puede causar efectos tóxicos en los consumidores. Este efecto depende del nivel y toxicidad de cada amina, la sensibilidad de cada individuo y la coexistencia de factores potenciadores de los efectos. Los síntomas que pueden originarse por el consumo de altos niveles de aminas biógenas se manifiestan principalmente en el sistema nervioso y vascular, causando hipotensión o hipertensión, urticaria, sudoración, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, calor, palpitaciones, entre otros efectos. La histamina y la tiramina son las aminas biógenas más tóxicas y las de mayor relevancia en cuanto a la seguridad alimentaria (Giménez *et al.*, 2018).

Las aminas biógenas pueden formarse durante la elaboración, maduración o almacenamiento de ciertos alimentos y alcanzar altas concentraciones en los mismos, lo que supone la coincidencia de tres factores: existencia de precursores (aminoácidos), presencia de microorganismos con actividad decarboxilasa y existencia de condiciones ambientales adecuadas para la viabilidad microbiana y la actividad de las decarboxilasas. De esta manera, los productos fermentados y/o susceptibles de sufrir contaminación microbiana y que tienen condiciones para el desarrollo de microorganismos son los más susceptibles a la formación *in situ* de aminas biógenas; entre ellos se encuentran los quesos madurados. Los niveles de aminas biógenas encontrados en quesos difiere ampliamente y depende de varios factores: variedad de queso, tiempo y temperatura de maduración, grado de proteólisis, nivel y características de microorganismos presentes, entre otros). La aplicación de rigurosas medidas de higiene para garantizar una materia prima con buena calidad microbiológica y para controlar la contaminación con microorganismos indeseables durante la elaboración, junto con una correcta selección de los fermentos a utilizar, son estrategias útiles para evitar o disminuir la formación de aminas biógenas en quesos, lo que contribuye a su seguridad y calidad. En este sentido, los quesos elaborados a partir de leche cruda tienen una mayor probabilidad de contener aminas biógenas, debido a la mayor carga microbiana que tienen con relación a aquellos elaborados con leche pasteurizada (Giménez *et al.*, 2018).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Un estudio realizado sobre 15 quesos artesanales elaborados en pequeños establecimientos queseros de Entre Ríos, Córdoba y Santa Fe (en su mayoría elaborados con leche cruda) demostró que en 14 de ellos se identificaron aminas biógenas (Gimenez *et al.*, 2018). El queso cremoso de baja maduración fue la única muestra negativa al análisis de aminas. El nivel total de aminas biógenas estuvo entre 28 y 120 ppm en seis de los quesos, entre 150 y 400 ppm en siete quesos, mientras que en una muestra se detectaron niveles muy elevados, de 865 ppm. Las cuatro aminas biógenas que se detectaron con mayor frecuencia fueron: tiramina en el 50% del total de los quesos, histamina y cadaverina en el 38%, y putrescina, en el 24%, siendo a su vez las que, en general, se encontraron en mayor concentración.

La elaboración de quesos artesanales se desarrolla en muchos establecimientos lecheros en nuestro país como recurso económico complementario, empleando protocolos de elaboración que se transmiten en forma oral, realizando la mayor parte del proceso en forma manual, lo que predispone a problemas de higiene y contaminaciones, y utilizando generalmente leche cruda, lo que está asociado a un mayor nivel y diversidad de microorganismos presentes. Además, en general se utilizan fermentos “naturales” o ningún fermento. Todos estos factores incrementan la posibilidad de desarrollo de aminas biógenas en el producto, y se correlacionan con la mayor ocurrencia y nivel de aminas biógenas en los quesos artesanales.

Si bien no existen regulaciones específicas sobre el nivel tolerable de aminas biógenas en quesos, en 2011, investigadores de la EFSA (European Food Safety Authority) - teniendo en cuenta datos disponibles en la Unión Europea- indicaron los niveles de ingesta de histamina y tiramina aceptable. Para personas sanas, los límites para histamina y tiramina se definieron en 50 y 600 mg/día, respectivamente; mientras que en individuos con problemas en los sistemas de detoxificación, los límites fueron establecidos por debajo al nivel detectable para la histamina y 6-50 mg/día para tiramina. Con base en esos umbrales, se estimó la exposición a aminas biógenas por consumo de quesos artesanales empleando la siguiente información:

- 1.- Concentración de histamina en quesos artesanales (Giménez *et al.*, 2018): 73,74 mg/Kg (DS = 1,62 mg/Kg)
- 2.- Concentración de tiramina en quesos artesanales (Giménez *et al.*, 2018): 50,01 mg/Kg (DS = 1,31 mg/Kg)

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

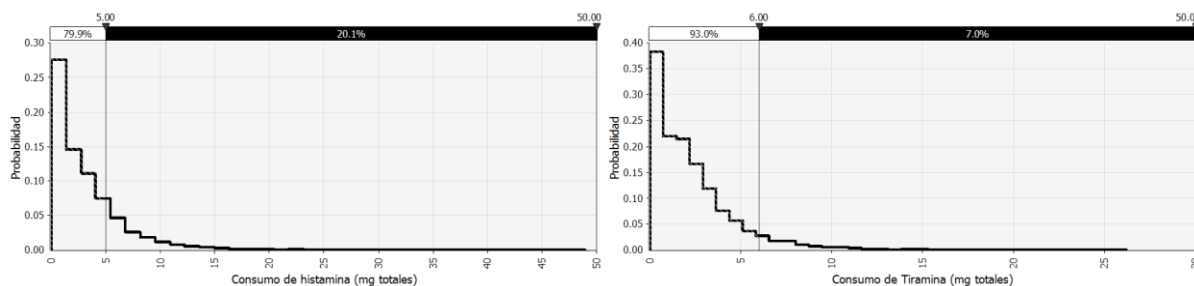
3.- Prevalencia de Histamina en quesos artesanales: 70,6% (IC95% 47,6% - 89,0%)

4.- Prevalencia de Tiramina en quesos artesanales: 76,5% (IC95% 54,4% - 92,7%)

5.- Consumo de quesos (ENNyS, 2012): 58,8 g/persona/día (DS = 48,2 g/persona/día)

La exposición a aminas biógenas estimada por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina, se presentan en la Figura 8. Como se puede observar, el consumo de histamina no superaría el umbral establecido para personas sanas. En cuanto a tiramina, el consumo de estos quesos no generaría exposiciones mayores al umbral establecido para personas sanas ni el umbral mayor para personas susceptibles. Si se considera el menor umbral para personas sensibles (6 mg/persona/día), el 7% de dicha población se vería expuesto a niveles superiores a lo tolerable.

Figura 8: Distribución de la exposición a histamina y tiramina por consumo de quesos artesanales.



Etapa 6: Comercialización del producto

1- Entre Ríos

El 79% de los productores entregan los quesos a acopiadores a los 15 días de maduración, mientras que el 21% los vende de forma directa a comercios de la zona. En ninguno de los casos se controlan los quesos cuando salen a la venta. Muchos de los quesos elaborados se venden sin envase y no existen registros de la temperatura durante la comercialización.

2- Formosa

No se dispone de información relativa a la forma de comercialización del producto.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

3- Corrientes

En la mayoría de los casos, el mismo productor vende sus quesos en forma directa al consumidor o en Ferias Francas de la Capital y localidades del interior o a la vera de las Rutas Nacionales y Provinciales. Los productores más grandes los venden a almacenes de localidades del interior o a puestos del Mercado Central de la Capital de Corrientes (acopiadores). El transporte se realiza en los vehículos del propietario/elaborador, y en muchos casos no cuenta con equipo de frío o aislamiento térmico.

4- Tucumán, Catamarca y Salta

En Tucumán, los elaboradores venden sus quesos en forma directa a turistas o lugareños que se acercan a sus sitios de elaboración (20%), a intermediarios para la venta (vendedores que compran las piezas y revenden en la calle) (60%) o los distribuyen en carnicerías, casas de artículos regionales, restaurantes, hoteles (20%). Tanto en Catamarca como Tucumán venden de manera informal sin etiquetado.

5- Buenos Aires

No se dispone de información relativa a la forma de comercialización del producto.

2. Evaluación cuantitativa de riesgos

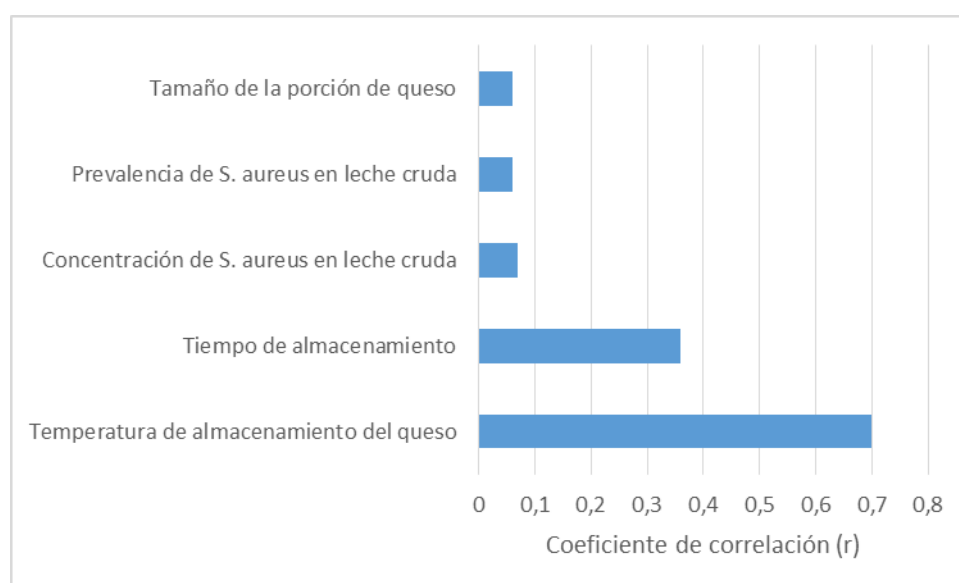
De acuerdo al modelo generado, la probabilidad de que los quesos artesanales elaborados con leche bovina tuvieron una probabilidad de contener niveles de toxina estafilocócica mayores a los umbrales fue del 41,7%. Lo anterior concuerda con la información aportada por los análisis de quesos elaborados en la provincia de Entre Ríos, donde luego de un período de maduración de 60 días (como lo indica el CAA), el 44% de las muestras resultaron positivas a *S. aureus*. Si durante ese período de tiempo (o aún menor como fue considerado en esta evaluación de riesgos) los quesos no fueron almacenados bajo refrigeración, es muy elevada la probabilidad de que *S. aureus* crezca y encuentre las condiciones adecuadas para producir su toxina.

Entre los factores asociados al riesgo de que los quesos sean inseguros por contaminación por *S. aureus*, destacan la temperatura ($r = 0,70$) y el tiempo ($r = 0,36$) de almacenamiento de los quesos. A mayor temperatura y tiempo de almacenamiento,

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

mayor probabilidad de que los quesos tengan niveles elevados de toxina. Por otro lado, tanto la presencia de *S. aureus* en la materia prima ($r = 0,06$) como la concentración del patógeno en la leche sin pasteurizar ($r = 0,07$) fueron las restantes variables sensibles del modelo (Figura 9).

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



Cuando se consideraron como válidas las características típicas del quesillo (almacenado bajo temperaturas de refrigeración y comercializados dentro de los tres días posteriores a su elaboración), la probabilidad de que el mismo fuese inseguro se redujo a 0,8%. Si bien la concentración de toxina estafilocócica no sería de importancia, esto no significa que el quesillo no cuente con *S. aureus*, de hecho, esta evaluación de riesgos estimó que el 32,9% de los mismos tendrían niveles detectables (>100 UFC/g de queso) de este patógeno y el 15,7% presentaría niveles por sobre los umbrales establecidos por el CAA para este tipo de quesos.

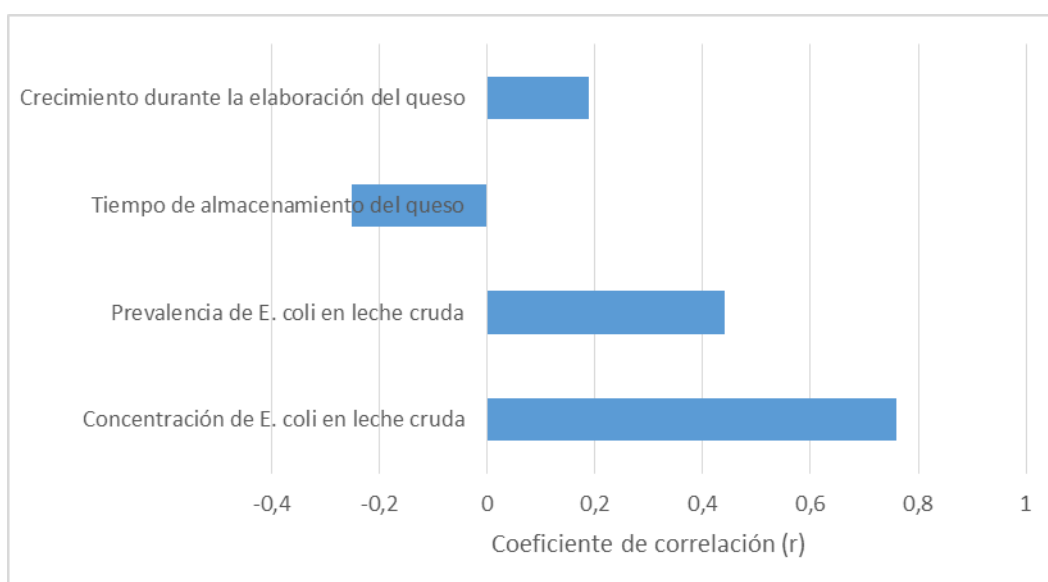
Cuando se modeló la probabilidad de que los consumidores sufran una infección por *E. coli* debido al consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina, la misma fue estimada en 0,14%. Si bien la probabilidad de que una persona padezca una infección por *E. coli* resulta baja, la presente evaluación de riesgos estimó que el 7,8% de los quesos tendrían niveles detectables de *E. coli* (>100 UFC/g) mientras que

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

el 5,3% de los mismos superaría el umbral establecido por el CAA para este tipo de quesos. Lo anterior concuerda con los datos aportados por los muestreos de quesos elaborados en la provincia de Formosa y Corrientes donde entre el 6% y el 31% de los mismos seguían teniendo niveles detectables de *E. coli* aún luego de 15 días de madurados.

Las variables que más influyeron sobre la probabilidad de infección por *E. coli* fueron la concentración del patógeno en la leche cruda ($r = 0,76$), la prevalencia de *E. coli* en leche cruda ($r = 0,44$), el tiempo de almacenamiento ($r = -0,25$) y el crecimiento de la bacteria durante la elaboración del producto ($r = 0,19$) (Figura 10).

Figura 10: Análisis de sensibilidad de la probabilidad de efectos adversos por *E. coli* por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina.



Cuando se consideraron las condiciones de almacenamiento declaradas para el quesillo, la probabilidad de que una porción del mismo genere una infección por *E. coli* fue de 0,16%. Esta probabilidad es muy similar a la estimada para el resto de los quesos artesanales y se debe al hecho de que las características intrínsecas de los quesos durante su maduración, generan un ambiente que reduce la carga de esta bacteria (muerte no-térmica). Dado que el quesillo se consume dentro de los tres días de elaborado, no tendría lugar un proceso de maduración como en los otros productos

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

y el tiempo requerido para reducir la carga bacteriana no es suficiente para generar un cambio en la probabilidad de infección.

De igual forma que lo estimado para el resto de los quesos artesanales, esta evaluación de riesgos estimó que el 9,1% del queso presentaría niveles detectables de *E. coli* (>100 UFC/g) y el 7,4% tendría niveles superiores a los umbrales exigidos por el CAA (>500 UFC/g).

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

CONCLUSIONES FINALES

A) **Limitaciones** del informe:

- Son escasos los estudios realizados sobre la prevalencia y concentración de los principales microorganismos indicadores de calidad de materia prima y patógenos. Lo antedicho pone en evidencia la necesidad de generar mayor información y registro de las situaciones de las diferentes cuencas y sus variabilidades, que consoliden, respalden y verifiquen los estudios realizados hasta el momento.
- El proceso de elaboración de los quesos, si bien siguen un protocolo establecido, es muy variable y por ende las fuentes de contaminación pueden ser múltiples y exceder las posibilidades de ser contempladas en su totalidad por una evaluación de riesgos.
- Se consideró que el 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.
- Las condiciones de almacenamiento y tiempo hasta su expendio son inciertas, debiendo profundizarse en este aspecto para poder reducir la incertidumbre asociada con esta etapa del proceso.

B) Principales **conclusiones** derivadas del trabajo realizado por el grupo ad hoc:

1.- Los establecimientos dedicados a la producción y ordeño de bovinos, cuya leche obtenida es destinada a la elaboración de quesos artesanales son, en términos generales, de tamaño pequeño, y no cuentan con las condiciones edilicias adecuadas para el proceso de elaboración, no están provistos de los medios higiénicos adecuados para el mantenimiento de los animales y de dispositivos mecánicos para el ordeño. Así como tampoco se cuenta con personal capacitado que garantice un manejo seguro de la leche obtenida.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

2.- No se cuentan con datos para garantizar que los rodeos bovinos estén libres de las principales enfermedades zoonóticas transmitidas por leche y productos lácteos (brucelosis y tuberculosis). Lo anterior permite concluir que no está controlada la sanidad de los animales y que no es posible descartar la presencia de dichas enfermedades de forma endémica en estos establecimientos.

3.- La leche producida no se refrigera de manera inmediatamente después del ordeño ni se garantiza que la misma se mantenga a una temperatura no superior a 5°C hasta su procesamiento.

4.- Todas las características anteriormente mencionadas derivan en que la leche producida tenga elevados recuentos de bacterias coliformes y *S. aureus*. En el primer caso es un reflejo de las malas condiciones de higiene durante el proceso de ordeño que facilita la contaminación con materia fecal. El segundo microorganismo mencionado, es indicador de mala sanidad de las ubres o contaminación cruzada por parte de los operarios.

5.- La mayoría de las plantas elaboradoras de quesos no cuentan con las condiciones edilicias ni el equipamiento necesario para garantizar una correcta elaboración. Independientemente de las características edilicias, en gran parte de las mismas, no se implementa un protocolo de adecuada higiene y sanitización de instalaciones, equipamiento y utensilios. El proceso de maduración de los quesos no se realiza según lo establecido por el CAA. Las capacitaciones que recibe el personal operario no son suficientes como para garantizar la seguridad alimentaria durante todas las operaciones y etapas que se desarrollan en el proceso de elaboración de quesos.

6.- En términos generales, los quesos son elaborados a partir de leche no pasteurizada. Esto conlleva a un gran riesgo para los consumidores, no solamente por la presencia de bacterias indicadoras de contaminación sino también por el hecho de que la sanidad de los rodeos bovinos no está garantizada. De tal forma, la presencia de brucelosis en los rodeos representaría un enorme riesgo de exposición humana a dicho patógeno por consumo de quesos.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

7.- Los quesos artesanales elaborados con leche bovina presentan una elevada probabilidad de no ser aptos para el consumo humano y tienen un importante riesgo de generar efectos adversos en los consumidores.

8.- Bajo las condiciones modeladas, el quesillo tendría un menor riesgo de generar enfermedad en los consumidores. Sin embargo, el proceso de elaboración no está completamente controlado y se precisarían mayor cantidad de datos para evaluar la reducción que el proceso genera sobre las cargas microbianas presentes en la leche cruda.

C) Agradecimientos

El grupo *ad hoc* de Quesos Artesanales agradece al Dr. Ruben Oliszewski del Laboratorio de Calidad de Lácteos y Alimentos Funcionales de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán por el aporte de información.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Referencias

- 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.
- Campanaro, M. 2016. Aprendizajes en la implementación de herramientas para la mejora de la calidad de las pymes del clúster quesero de Tandil. Extensión INTI, Tandil.
- Chye, F.Y.; Abdullah, A.; Ayob, M.K. 2004. Bacteriological quality and safety of raw milk in Malaysia. Food Microbiology. 21: 535-541.
- Cluster Quesero Tandil nebulalt. www.clusterqueserotandil.com
- Costabel, L.; Audero, G.; Costamagna, D.; Butarelli, S.; Trulls, b.; Boffa, S.; Mancuso, W.; Aimar, B.; Karlen, J.; Aguilar, L.; Páez, R. 2016. Caracterización de calidad y estudio de inocuidad de leche y quesos artesanales producidos en tambos fábrica de Entre Ríos. Información Técnica de Producción Animal 2016. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación Miscelánea. ISSN 2314-3126. pp. 131-140
- 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.
- Giménez, P.; Peralta, G.; Hynes, E.; Bergamini C. 2018. Contenido de aminas biógenas en quesos argentinos. Tecnología Láctea Latinoamericana N° 102.
- Guterbock, W.M.; Blackmer, P.E. 1984. Veterinary Interpretation of bulk tank milk. Veterinary Clinics of North America: Large Animal Practice-Vol. 6, n°2, July 1984. 257-268.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

- 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.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM). 2002. Quesillo, Queso Regional del Noroeste Argentino Buenas prácticas de manufactura. Requisitos para el Establecimiento y el Personal.
- 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.
- 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.
- Oliszewski, R.; Cisint, J.C.; Medina, C.F. 2016. Caracterización composicional, físico-química y microbiológica de la leche de vaca de la cuenca de Trancas. *Revista Argentina de Producción Animal*, 36: 31-39.
- Oliszewski, R.; Cisint, J.C.; Núñez de Kairúz, M. 2007. Manufacturing characteristics and shelf life of Quesillo, an Argentinean traditional cheese. *Food Control*, 18: 736–741.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

- 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.
- Pérez, D.R.; Simonetti, M.R.; Taher, H.A. 2012. Caracterización bromatológica de quesos regionales de la provincia de Entre Ríos. *Revista FABICIB*, 16: 105-118.
- Pilatti L, Soria R., Nuñez M., Porcel N.2017. Informe Técnico incorporación del quesillo al C.A.A. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/incorporacion-del-quesillo-al-codigo-alimentario-argentino>
- Revelli, G.R.; Sbodio, O.A.; Tercero, E.J. 2004a. Prevalencia de leucosis enzoótica bovina en la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero, Argentina. *Revista de Medicina Veterinaria*, 85: 135-138.
- Revelli, G.R.; Sbodio, O.A.; Tercero, E.J. 2004b. Recuento de células somáticas en leche cruda de tambos que caracterizan el noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero. *Veterinaria Argentina*. Vol. XXI: 651-659.
- 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.
- Torres, P.M. 2016. Situación de la tuberculosis bovina en la República Argentina. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/situacion_tuberculosis_bovina_rep_argentina_2016.pdf.
- Vasek, O.M.; Falcione, L.F. 2011. Quesos artesanales de Corrientes. Riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos: Encefalopatía Espongiforme Bovina. *Review. FACENA*, 27: 13-23.
- Velarde, I.; Vimo, P.; Corradetti, M. A.; Vértiz, P.; Otero, J.; Raimundi, J.; Fernández L.; Lozano C.; 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

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

“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.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON
LECHE BOVINA

ANEXO I: Parámetros de la evaluación cuantitativa de riesgos de *S. aureus* por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina.

Variable	Símbolo	Unidad	Distribución
Prevalencia de <i>S. aureus</i> en leche	P_{Sa}		Bernoulli{Beta(9+1;19-9+1)}
Concentración de <i>S. aureus</i> en leche positiva	C_{Sa+}	LogUFC/mL	Normal(2,32; 0,72)
Concentración de <i>S. aureus</i> en leche negativa	C_{Sa-}	LogUFC/mL	Uniforme(-4; 1)
¿Pasteuriza la leche?	$Past$		Bernoulli(0,2)
Concentración inicial de <i>S. aureus</i> en el queso	C_{Saqi}	LogUFC/g	Si Pasteuriza= -4 Si No pasteuriza= C_{Sa+} o C_{Sa-}
pH del queso	pH		Uniforme(5,0; 5,5)
Concentración de NaCl del queso	$NaCl$	%	Uniforme(1,0; 2,9)
Temperatura de almacenamiento	$Temp$	°C	Triangular(10; 15; 25) Quesillo= Uniforme(4; 15)
Tiempo de almacenamiento	$Tiempo$	días	Triangular(1; 3; 15) Quesillo= Uniforme(1; 3)
Duración fase lag de <i>S. aureus</i>	$Flag$	horas	$exp(-3,82545 \times \ln(Temp) + 13,18789)$
Tiempo de duplicación de <i>S. aureus</i>	$Tdup$	horas	$exp(-2,66466 \times \ln(Temp) + 9,15909)$
Tiempo efectivo de crecimiento	$Tiempo_{ef}$	horas	Si $Tiempo < Flag$; 0 Si $Tiempo > Flag$; ($Tiempo - Flag$)
Concentración final de <i>S. aureus</i> en el queso	C_{Saqf}	LogUFC/g	$C_{Saqi} + \log_{10}(2) \times \left(\frac{Tiempo_{ef}}{Tdup}\right)$
Tamaño de la porción de queso consumida	$Porción$	g	LogNormal(58,8; 48,2)
¿ <i>S. aureus</i> producirá toxina?	$Toxina$		Si $C_{Saqf} > 6,5$ y $Temp > 15$; Producirá toxina
Cantidad de toxina producida	C_{toxina}	ng/g	$\{((0,0376 \times Temp) - 0,559) \times Tiempo_{ef}\}$
Proporción de cepas de <i>S. aureus</i> que producen toxina	$Prop_{tox}$		Pert(0,52; 0,67; 1)
Cantidad de toxina producida corregida	$C_{toxina c}$	ng/g	$C_{toxina} \times Prop_{tox}$
Dosis ingerida de Toxina	$Dosis$	ng	$Porción \times Dosis$
¿Queso inseguro?	Q_{ins}		Si Dosis > 94; queso inseguro

EVALUACIÓN DE RIESGOS DE QUESOS ARTESANALES ELABORADOS CON LECHE BOVINA

Anexo II: Parámetros de la evaluación cuantitativa de riesgos de *E. coli* por consumo de quesos artesanales elaborados con leche bovina.

Variable	Símbolo	Unidad	Distribución
Prevalencia de <i>E. coli</i> en leche	P_{Ec}		Bernoulli{Beta(1+1;15-1+1)}
Concentración de <i>E. coli</i> en leche positiva	C_{Ec+}	LogUFC/mL	Normal(2,54; 1,03)
Concentración de <i>E. coli</i> en leche negativa	C_{Ec-}	LogUFC/mL	Uniforme(-4; 1)
¿Pasteuriza la leche?	$Past$		Bernoulli(0,2)
Concentración inicial de <i>E. coli</i> en el queso	C_{Ecqi}	LogUFC/g	Si Pasteuriza= -4 Si No pasteuriza= C_{Ec+} o C_{Ec-}
pH del queso	pH		Uniforme(5,0; 5,5)
Concentración de NaCl del queso	$NaCl$	%	Uniforme(1,0; 2,9)
Temperatura de almacenamiento	$Temp$	°C	Triangular(10; 15; 25) Quesillo= Uniforme(4; 15)
Tiempo de almacenamiento	$Tiempo$	días	Triangular(1; 3; 15) Quesillo= Uniforme(1; 3)
Crecimiento de <i>E. coli</i> durante la elaboración	$Crec$	LogUFC/g	Uniforme(0,6; 1,3)
Concentración de <i>E. coli</i> luego de la elaboración	C_{Ecqp}	LogUFC/g	$C_{Ecqi} + Crec$
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	$Porción$	g	LogNormal(58,8; 48,2)
Dosis de <i>E. coli</i> consumida	$Dosis$	UFC	$Porción \times C_{Ecqf}$
Relación dosis-respuesta	R_{DR}		$1 - e^{(-0,0000000107 \times Dosis)}$
¿Enfermó por <i>E. coli</i> ?	Q_{ins}		Bernoulli(R_{DR})