



**RSA-CONICET**  
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

**Red de Seguridad Alimentaria**

**Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas**

# **Evaluación de riesgos de *Listeria monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas**

## **INFORME FINAL**

### **2017**

## RESUMEN EJECUTIVO

La Unión de la Industria Cárnica Argentina (UNICA) solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación de riesgos de *Listeria monocytogenes* asociado al consumo de embutidos secos y salazones crudas. Actualmente, el criterio microbiológico para *L. monocytogenes* en embutidos y salazones del Código Alimentario Argentino establece que debe haber ausencia del patógeno en 25 g de producto. 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 embutidos y salazones, microbiología de alimentos, microbiología clínica, 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 listeriosis por consumo de embutidos secos y salazones crudas. 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 (cuatro embutidos secos con diferente diámetro de tripa y dos salazones), 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).

Los modelos probabilísticos desarrollados para **embutidos secos** fueron validados ajustándose a los resultados obtenidos por agencias bromatológicas provinciales al muestrear embutidos secos comerciales. El riesgo de listeriosis fue, en términos generales, bajo, con valores promedios que nunca superaron una probabilidad de  $10^{-11}$  por porción consumida en las poblaciones más susceptibles (embarazadas, personas trasplantadas o que sufran algún tipo de cáncer). En otros términos, es de esperar un caso de listeriosis humana por cada 100.000.000.000 (cien mil millones) de porciones de embutidos consumidas. El principal factor asociado con la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis fue el uso de cultivos iniciadores (bacterias ácido lácticas) en la elaboración de los embutidos, los cuales reducen el riesgo en al menos tres órdenes de magnitud en comparación con la no aplicación de los mismos. El pH alcanzado por la masa cárnica durante la fase de fermentación y el valor de  $a_w$  al final de la maduración del

embutido fueron los factores de proceso que más impactaron sobre la probabilidad de que el producto generado cause listeriosis en los consumidores. Si bien cada producto presenta particularidades, es posible reconocer que cuando en la elaboración de embutidos secos se adicionan cultivos lácticos y se controla que el pH del embutido al final de la fermentación alcance valores inferiores a 5,1 y el  $a_w$  durante la maduración del mismo sea  $<0,93$ , se estaría generando un ambiente poco propicio para el desarrollo de *L. monocytogenes*. Resulta razonable suponer que el control del proceso de producción (calidad microbiológica de la materia prima, tiempo, temperatura, descenso del pH y  $a_w$ ) ofrecería una adecuada seguridad sobre los productos embutidos secos.

Por su parte, los modelos probabilísticos desarrollados para **salazones crudas** (panceta y bondiola) estimaron que el riesgo de listeriosis fue insignificante, con valores promedios que nunca superaron una probabilidad de  $10^{-12}$  por porción consumida en las poblaciones más susceptibles (embarazadas, personas trasplantadas o que sufran algún tipo de cáncer). Independientemente de la salazón considerada, la evaluación de riesgos estimó que en más del 99% de los escenarios evaluados no es de esperar que se produzcan casos de listeriosis derivado de su consumo, sin importar la subpoblación de riesgo analizada. El principal factor asociado con la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis fue el nivel de  $a_w$  alcanzado por la salazón durante la etapa de salado. El nivel de  $a_w$ , así como el estricto control de la temperatura del proceso son los factores más relevantes que inciden sobre el riesgo de listeriosis por consumo de estos productos.

El nivel de protección dado por el actual criterio microbiológico para *L. monocytogenes* en embutidos y salazones resultaría ofrecer similares garantías que elevar el punto de corte a  $<100$  UFC/g de producto. Nuestro país presenta grandes dificultades en cuanto a la vigilancia epidemiológica tanto para productos listos para consumir (incluyendo embutidos y salazones) como para casos clínicos humanos. Como toda evaluación de riesgos, la presente es susceptible a ser modificada y re-evaluada si se presentan nuevas evidencias e información relevante.

## INFORME FINAL

### Evaluación de riesgos de *Listeria monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

#### A) DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

La Unión de la Industria Cárnica Argentina (UNICA) solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación de riesgos de *Listeria monocytogenes* asociado al consumo de embutidos secos y salazones crudas.

#### B) CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS

La RSA procedió a conformar un grupo *ad hoc*. Se realizó una convocatoria a través de la RSA y dirigida a todo el sistema científico-tecnológico nacional. Se recibieron las propuestas y se definió quiénes integrarían el grupo *ad hoc*, con la intención de que el equipo de trabajo estuviera constituido por investigadores con experiencia en diferentes aspectos relacionados al proceso de producción de embutidos y salazones, microbiología de alimentos, microbiología clínica, epidemiología, entre otros aspectos. En total se recibieron 9 solicitudes de participación y se aceptó a la totalidad de los investigadores.

##### **B.1.) Conformación del grupo *ad hoc***

Coordinador grupo *ad hoc*:

- Dr. Med. Vet. Marcelo Signorini (CONICET-INTA Rafaela)

Integrantes grupo *ad hoc* (orden alfabético):

- Dra. Med. Vet. Victoria Brusa (Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad Nacional de La Plata)
- Dra. Qca. Carmen A. Campos (CONICET / Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA)
- Dra. Bqa. Alicia Cuesta (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)
- Dr. Med. Vet. Gerardo Leotta (IGEVEV-CONICET)
- Lic. Sergio Epszteyn (DGHySA GCBA)
- Dra. Bqa. Silvia Michanie (Consultora de empresas de alimentos)

- Bqa. Mónica Prieto (INEI-ANLIS)
- Ing. Viviana Renaud (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)
- Lic. Gustavo Schembri (Instituto Nacional de Tecnología Industrial / Centro Carnes)
- Lic. Brom. Mónica Vanzini (Campo del Tesoro)

### **B.2.) Hoja de ruta**

Una vez conformado el grupo *ad hoc*, el mismo definió el modelo teórico que guió tanto la búsqueda de información como la construcción del modelo probabilístico.

#### **(a) MATERIA PRIMA:**

1. Prevalencia de *L. monocytogenes* en carne bovina y porcina (se identificaron los estudios realizados en Argentina).
2. Concentración de *L. monocytogenes* en carne bovina y porcina.

#### **(b) PRODUCCIÓN:**

1. Se definieron las etapas del proceso de producción de embutidos fermentados y salazones crudas y se identificaron los diferentes productos a elaborar.
2. Cantidades de materia prima y aditivos incorporados.
3. Evolución de los principales parámetros intrínsecos de los embutidos y salazones a lo largo de su producción. En cada etapa (fermentación, secado, salado, maduración) se definió la evolución de la temperatura, pH,  $a_w$  en función del tiempo.
4. Con base en lo anterior, se definió para cada etapa si *L. monocytogenes* tenía posibilidades de crecer focalizándose en la búsqueda de ecuaciones de crecimiento microbiano.
5. Si hay posibilidades de que la bacteria se desarrolle, modelar la tasa de crecimiento mediante funciones de crecimiento (microbiología predictiva).
6. Si la bacteria no tiene posibilidades de crecer bajo las condiciones del proceso, modelar la muerte microbiana de tipo no-térmica.

(c) DISTRIBUCIÓN-CONSUMO:

1. Se definió el tamaño de la porción de embutidos y salazones a partir de los datos de la ENNyS 2005.
2. Se estimó el número de porciones consumidas anualmente a partir del consumo anual *per cápita* y el tamaño de la porción definida en (a).
3. Se predijo la dosis de *Listeria monocytogenes* consumida por porción.

(d) ENFERMEDAD:

1. Se definieron los grupos de riesgo.
2. Para cada grupo de riesgo se estimó el número de personas que hay en cada uno de ellos.
3. Se estimó el número de porciones consumidas por cada grupo de riesgo y la dosis de *Listeria* consumida.
4. Se definió la relación dosis-respuesta para cada estrato de riesgo y el número de enfermos estimado.

(e) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD:

1. Se identificaron la o las etapa/s del proceso de producción de embutidos y salazones asociadas con la probabilidad de que se presenten casos de listeriosis.
2. Se definió a partir de qué dosis de *L. monocytogenes* es posible que se presenten casos de listeriosis.

**Búsqueda de información.** Se realizó una búsqueda exhaustiva de la información científica relevante para cada etapa del modelo de riesgo.

**Elaboración del modelo cuantitativo de riesgo.** Con la información recopilada por el grupo de trabajo se procedió a construir el modelo de riesgo.

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

**6.- Elaboración del informe final.**

## ÍNDICE

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INFORME FINAL .....                                                                                          | 4  |
| A) DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD.....                                                                          | 4  |
| B) CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO Y ACTIVIDADES<br>DESARROLLADAS.....                                     | 4  |
| B.1.) Conformación del grupo <i>ad hoc</i> .....                                                             | 4  |
| B.2.) Hoja de ruta.....                                                                                      | 5  |
| ÍNDICE .....                                                                                                 | 7  |
| C) REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS .....                                                | 9  |
| C.1.) Identificación del peligro .....                                                                       | 9  |
| Sistema de vigilancia existente .....                                                                        | 10 |
| Situación de la listeriosis en Argentina.....                                                                | 12 |
| Situación Argentina período 2011-2016.....                                                                   | 13 |
| Aislamientos de origen clínico.....                                                                          | 13 |
| Aislamientos de alimentos .....                                                                              | 14 |
| Subtipificación molecular por PFGE de aislamientos de listeriosis humana.....                                | 17 |
| Subtipificación de aislamientos de alimentos .....                                                           | 18 |
| C.2) Evaluación de la exposición .....                                                                       | 20 |
| C.2.a) Evaluación de la exposición a <i>L. monocytogenes</i> por consumo de embutidos.....                   | 20 |
| Prevalencia de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda.....                                                   | 20 |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda .....                                                | 22 |
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de fermentación del embutido ..                     | 22 |
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de secado/maduración del<br>embutido.....           | 24 |
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de almacenamiento/venta final<br>del embutido ..... | 25 |
| Consumo de embutidos.....                                                                                    | 25 |
| C.2.b) Evaluación de la exposición a <i>L. monocytogenes</i> por consumo de salazones<br>crudas.....         | 26 |
| Prevalencia de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda.....                                                   | 28 |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda .....                                                | 28 |
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de secado de una salazón.....                       | 29 |
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de maduración de la salazón...                      | 30 |

## Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

---

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Desarrollo de <i>L. monocytogenes</i> durante el período de almacenamiento/venta final de la salazón .....        | 31 |
| Consumo de salazones .....                                                                                        | 31 |
| C.3) Caracterización del peligro .....                                                                            | 32 |
| C.4) Caracterización del riesgo .....                                                                             | 34 |
| Resultados del modelo cuantitativo de riesgos para embutidos secos .....                                          | 35 |
| Embutidos con diámetro de tripa de 45 mm .....                                                                    | 35 |
| Embutidos con diámetro de tripa de 55 mm .....                                                                    | 39 |
| Embutidos con diámetro de tripa de 90 mm .....                                                                    | 42 |
| Embutidos con diámetro de tripa de 100 mm .....                                                                   | 46 |
| Efecto de la concentración de <i>L. monocytogenes</i> en los productos embutidos secos listos para consumir ..... | 50 |
| Síntesis de la evaluación cuantitativa de riesgos de listeriosis por consumo de embutidos secos .....             | 52 |
| Resultados del modelo cuantitativo de riesgos para salazones crudas .....                                         | 54 |
| Panceta .....                                                                                                     | 54 |
| Bondiola .....                                                                                                    | 57 |
| Síntesis de la evaluación cuantitativa de riesgos de listeriosis por consumo de salazones crudas .....            | 60 |
| CONCLUSIONES FINALES .....                                                                                        | 62 |
| Referencias .....                                                                                                 | 64 |
| ANEXO I .....                                                                                                     | 69 |
| ANEXO II .....                                                                                                    | 76 |

### **C) REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS**

La evaluación cuantitativa de riesgos se realizó siguiendo las etapas clásicas de dicho procedimiento: Identificación del peligro, Evaluación de la exposición, Caracterización del riesgo y Evaluación del riesgo.

#### **C.1.) Identificación del peligro**

*Listeria monocytogenes* no fue considerado un patógeno animal hasta fines de la década del 70. La comunicación de brotes epidémicos de listeriosis humana a partir de los años 80 y su asociación con el consumo de alimentos contaminados, ha sido una gran preocupación de las autoridades sanitarias y ha tenido un fuerte impacto económico en la industria alimentaria. A partir de 1983 una serie de brotes epidémicos humanos en Norteamérica y Europa establecieron claramente a la listeriosis como una grave enfermedad transmitida por alimentos (ETA). Los alimentos más frecuentemente asociados con brotes y con alto nivel de riesgo son quesos y productos lácteos, patés y salchichas, pescados ahumados, ensaladas y en general productos industrializados, refrigerados, listos para el consumo, sin requerimientos de cocción o calentamiento previo (Buchanan et al., 2017).

*L. monocytogenes* ha sido aislada de diferentes sitios como: suelo, agua, efluentes, alimentos y de heces humanas y animales. El hábitat natural de estos microorganismos es probablemente la materia orgánica vegetal en descomposición y los rumiantes domésticos contribuyen al mantenimiento de *Listeria* spp. en el ambiente rural a través de un ciclo continuo de enriquecimiento oral-fecal. La amplia distribución de *L. monocytogenes* se debe a la capacidad de sobrevivir durante períodos de tiempo prolongados en diferentes medios (Buchanan et al., 2017).

Los alimentos se pueden contaminar en cualquier eslabón de la cadena productiva, así como también en el almacenamiento en frío. La tolerancia a altas concentraciones salinas y bajos pHs y la capacidad de multiplicarse a temperaturas de refrigeración, convierten a *L. monocytogenes* en un serio peligro para la seguridad alimentaria y por lo tanto para la salud pública (Buchanan et al., 2017).

La listeriosis es una enfermedad que suele aparecer en forma de casos esporádicos y cuyo interés epidemiológico radica en la posibilidad de transmisión vertical humana y en la aparición, en los últimos años, de brotes importantes de transmisión alimentaria. Se suele manifestar como un cuadro febril leve, pero puede causar meningoencefalitis, septicemia

o ambos en neonatos y adultos y aborto en las mujeres embarazadas. La meningoencefalitis (inusual en la embarazada) puede comenzar de forma repentina o puede ser subaguda, particularmente en inmunodeprimidos y en ancianos (Pohl *et al.*, 2017). En personas sin enfermedades de base puede producir cuadros de gastroenteritis febril, aunque en el caso de la embarazada, que transmite la infección al feto, los niños pueden nacer muertos o con septicemia o sufrir meningitis en el período neonatal, incluso aunque la madre sea asintomática. Existen varios grupos de riesgo, potencialmente vulnerables a la listeriosis que incluyen: embarazadas, recién nacidos, pacientes inmunodeprimidos (incluyendo pacientes con HIV) y adultos mayores. Si bien, la transmisión alimentaria es la más frecuente, listeriosis también ocurre como infección intrahospitalaria, sobre todo en maternidades y servicios de ginecología (McLauchlin *et al.*, 2004). No obstante lo anterior, se estima que entre el 2-10% de la población general actúa como portador sin ninguna consecuencia aparente en su salud (Buchanan *et al.*, 2017).

La listeriosis presenta un largo período de incubación (7-60 días), por lo cual, establecer la relación entre el caso clínico y el alimento consumido requiere de un sistema de vigilancia integrada. Adicionalmente, la dificultad para realizar estudios de brotes no permite establecer con precisión la relación dosis-respuesta para *L. monocytogenes* (Buchanan *et al.*, 2017). No obstante, se estima que aún durante los brotes, la tasa de ataque suele ser baja, lo que implica que, si una población se expone a un alimento contaminado y no se registran casos, esto no significa necesariamente que la cepa actuante no es capaz de causar enfermedad (McLauchlin *et al.*, 2004).

A nivel internacional, la Unión Europea reportó en el año 2013 una incidencia de 0,44 casos de listeriosis por cada 100.000 personas, con un incremento del 8,6% con respecto a los datos de 2012 (Buchanan *et al.*, 2017). La letalidad de los casos reportados fue del 15,6%, siendo los crustáceos y moluscos, quesos, carnes y productos cárnicos y ensaladas, los alimentos que más frecuentemente se identificaron como vehículos de la infección (McLauchlin *et al.*, 2004).

### **Sistema de vigilancia existente**

En Argentina, el Manual de Normas y Procedimientos de Vigilancia y Control de Enfermedades de Notificación Obligatoria del Ministerio de Salud, agrupa a las enfermedades infecciosas transmitidas por alimentos como patologías de notificación obligatoria en el grupo de enfermedades transmisibles gastroentéricas. Sin embargo,

dada las características particulares de listeriosis, como su presentación clínica y los largos períodos de incubación desde la ingesta del alimento contaminado, debería incluirse a la listeriosis como evento seleccionado de notificación obligatoria individual e inmediata, de forma tal de lograr una vigilancia integrada y conocer los datos reales de prevalencia de la enfermedad en el país. Listeriosis es actualmente vigilada mediante el SIVILA, que es el módulo de Vigilancia por Laboratorio del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica por Laboratorios de Argentina.

El Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas (INEI) de la ANLIS “Dr Carlos G Malbrán” se constituye como Laboratorio Nacional de Referencia (LNR) para la Red Nacional de Laboratorios Clínicos del Ministerio de Salud. Listeriosis forma parte de las patologías bajo vigilancia en la Red de Laboratorios de Bacteriología, en las secciones: 1- Infecciones Bacterianas Gastrointestinales y ETA y 2- Infecciones Bacterianas del SNC, Respiratorias v Sistémicas.

A partir del año 2008, se desempeña como laboratorio regional de referencia de listeriosis para Latinoamérica y Caribe de la Red Internacional PulseNet. Pulsenet constituye una red de laboratorios para la vigilancia de patógenos de ETA mediante la subtipificación molecular.

Argentina, como centro de referencia de la región de la Red PulseNet América Latina y Caribe, ha estado desarrollando una base de datos nacional de perfiles genéticos de aislamientos clínicos de *L. monocytogenes* para la vigilancia de los clones circulantes. Esta plataforma permite a nivel nacional, comparar aislamientos, detectar brotes en tiempo real, poder asociarlos a la fuente de infección y realizar intervenciones sanitarias.

En el año 2014, mediante la Resolución 70 del Ministerio de Salud, se conforma el LNR para listeriosis, en la categoría “Infecciones del sistema nervioso central, respiratorias y sistémicas”. El LNR realiza la subtipificación de aislamientos de casos humanos derivados por los laboratorios clínicos integrantes de la Red de Bacteriología, y también aquellos aislamientos derivados por demanda espontánea de instituciones de salud públicas y privadas. También recibe todos los aislamientos de *L. monocytogenes* de alimentos aislados por los laboratorios de bromatología pertenecientes a la RENALOA y aquellos derivados por demanda espontánea por laboratorios públicos y privados. La subtipificación se realiza mediante el seroagrupamiento por reacción en cadena de la polimerasa y por macrorrestricción del ácido desoxirribonucleico (ADN) con las enzimas

de restricción *Ascl* y *Apal* y electroforesis en campo pulsado (PFGE) según el protocolo estandarizado por PulseNet, CDC.

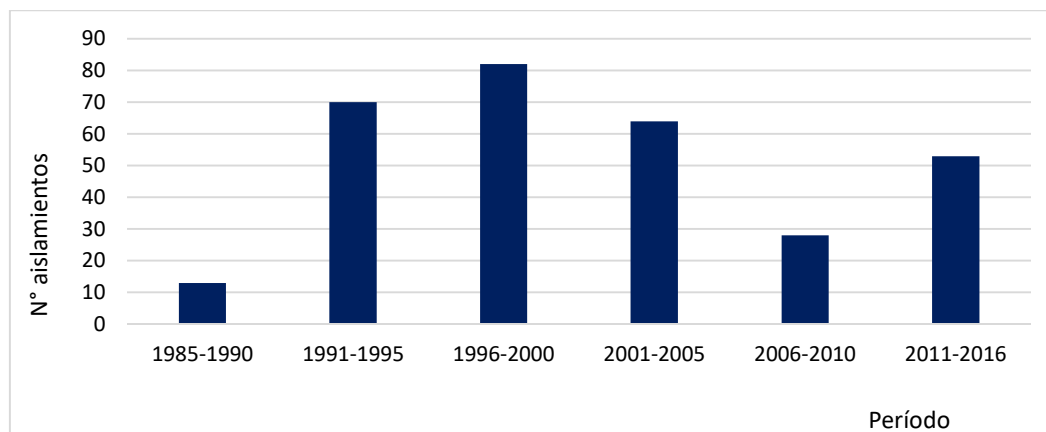
Todas las estrategias de vigilancia están siendo articuladas de forma tal de promover un sistema integrado que facilite la detección temprana de probables brotes epidémicos y la asociación con el alimento involucrado.

### **Situación de la listeriosis en Argentina**

En Argentina, no se han documentado brotes asociados a alimentos contaminados hasta el momento. Debido a las características únicas de listeriosis como ETA, la vigilancia epidemiológica tradicional presenta debilidades para la detección temprana de brotes de esta patología, particularmente si un número pequeño de casos ocurren durante períodos largos de tiempo en áreas geográficas distantes. Todos los casos de listeriosis registrados por el LNR, corresponden a enfermedad invasiva, principalmente sepsis y meningitis.

Listeriosis es una enfermedad poco frecuente. El LNR ha registrado 310 casos de listeriosis invasiva desde el año 1985 (Figura 1). Las presentaciones clínicas predominantes fueron: sepsis (46%) y meningitis (43%). Del total de aislamientos recibidos durante un periodo de más de 30 años, 27% correspondieron a infección neonatal y 5% de los aislamientos estuvieron asociados a abortos sépticos. Durante la década del 80, los primeros casos de listeriosis invasiva estaban asociados a pacientes trasplantados. Durante las siguientes tres décadas, se observó predominio de enfermedades onco-hematológicas como factor inmunosupresor en individuos con listeriosis invasiva. Se desconoce la incidencia de *L. monocytogenes* en abortos espontáneos, dado que el aislamiento del microorganismo requiere de medios de enriquecimiento y selectivos, no disponibles generalmente en los laboratorios de microbiología clínica, por lo cual, *L. monocytogenes* podría estar sub-informada.

Figura 1: Número de aislamientos de casos de listeriosis invasiva y perinatal, recibidos en LNR.



#### **Situación Argentina período 2011-2016**

Durante el período 2011-2016, se recibieron un total de 199 aislamientos de *L. monocytogenes*: 53 aislamientos de origen humano, 146 de origen alimentario.

#### **Aislamientos de origen clínico**

Las características clínicas-epidemiológicas y la distribución de serotipos de los aislamientos humanos se detallan en la Tabla 1. Listeriosis perinatal se define a aquel caso de listeriosis invasiva en mujeres embarazadas y neonatos. Los casos de infección sistémica y/o neurológica en individuos a partir del mes de edad, se definen como casos de listeriosis invasiva.

No fue posible calcular tasa de mortalidad, dado que la evolución de los pacientes fue documentada en 26 de los 53 casos. Fue registrado el óbito en 15 pacientes. La presentación clínica predominante fue sepsis (28/53, 53%), seguida por meningitis (17/53, 32%), aborto séptico (3/53, 6%), endocarditis (2/53, 4%) y en los tres casos restantes no fue informado el sitio de aislamiento ni el tipo de infección.

Tabla 1: Distribución de serotipos de aislamientos de listeriosis invasiva y perinatal (Período 2011-2016)

| Serogrupo        | Listeriosis perinatal (N° casos) |                |                               | Listeriosis invasiva |                      |                    | Total (%) |
|------------------|----------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----------|
|                  | Infección en neonato             | Aborto séptico | Infección en mujer embarazada | Niños                | Adultos (18-65 años) | Mayores de 65 años |           |
| 1/2b             | 8 <sup>(a)</sup>                 | 1              | 2                             | 4                    | 8                    | 3                  | 49%       |
| 4b               | 6                                | 1              | 1                             | 2                    | 12                   | 0                  | 42%       |
| 1/2 <sup>a</sup> | 0                                | 1              | 1                             | 1                    | 1                    | 1                  | 9 %       |
| Total (N° casos) | 14                               | 3              | 4                             | 7                    | 21                   | 4                  |           |
| Total (%)        | 40 %                             |                |                               | 60%                  |                      |                    |           |

<sup>(a)</sup> En un caso se recuperó *L. monocytogenes* del neonato y de hemocultivo de la madre. El par de aislamientos madre-niño mostró idéntico pulsotipo con enzimas de restricción *Ascl* y *Apal*.

Los aislamientos humanos fueron derivados como casos esporádicos, excepto dos aislamientos de pacientes adultos de un Hospital de la Ciudad de Buenos Aires y dos aislamientos de neonatos de un hospital de la provincia de Córdoba que fueron derivados con sospecha de brote. En ambos casos se confirmó que los aislamientos estaban genéticamente relacionados pero la fuente de infección no fue encontrada.

### **Aislamientos de alimentos**

El origen y la distribución de serogrupos de los aislamientos de alimentos recibidos en el LNR durante el período 2011-2016, se detallan en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2: Distribución de serogrupos en aislamientos de alimentos (Período 2011-2016)

| <b>Alimento</b>                                                        | <b>Serogrupo<br/>1/2b<br/><br/>Nº<br/>aislamientos</b> | <b>Serogrupo<br/>4b<br/><br/>Nº<br/>aislamientos</b> | <b>Serogrupo<br/>1/2a<br/><br/>Nº<br/>aislamientos</b> | <b>Serogrupo<br/>1/2c<br/><br/>Nº<br/>aislamientos</b> | <b>Número<br/>Total de<br/>aislamientos</b> |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Chacinados<br>y<br>embutidos <sup>(a)</sup>                            | 29                                                     | 10                                                   | 16                                                     | 12                                                     | 67                                          |
| Alimentos<br>elaborados<br>listos para<br>el<br>consumo <sup>(b)</sup> | 11                                                     | 6                                                    | 2                                                      | 3                                                      | 22                                          |
| Lácteos <sup>(c)</sup>                                                 | 8                                                      | 0                                                    | 0                                                      | 0                                                      | 8                                           |
| Vegetales<br>congelados                                                | 4                                                      | 0                                                    | 1                                                      | 1                                                      | 6                                           |
| Otros <sup>(d)</sup>                                                   | 26                                                     | 10                                                   | 6                                                      | 1                                                      | 43                                          |
| <b>TOTAL</b>                                                           | <b>78</b>                                              | <b>26</b>                                            | <b>25</b>                                              | <b>17</b>                                              | <b>146</b>                                  |

(a) Los productos predominantes fueron salame (29/67, 43%) y salchicha tipo Viena (21/67, 31%)

(b) Incluye empanadas, sándwiches de miga, ensaladas y sushi

(c) Incluye queso azul, suero de leche sin pasteurizar y crema helada

(d) El 50% de los aislamientos agrupados en esta categoría fueron derivados sin identificar matriz, el resto incluye aislamientos de matrices varias: carne bovina cruda, productos marinos crudos, cereales.

Tabla 3: Distribución porcentual de serogrupos en aislamientos de origen alimentario (Período 2011-2016)

| Serogrupo      | (%)        |
|----------------|------------|
| serogrupo 1/2b | 53         |
| serogrupo 4b   | 18         |
| serogrupo 1/2a | 17         |
| serogrupo 1/2c | 12         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>100</b> |

El serogrupo prevalente entre los aislamientos de alimentos fue el serogrupo 1/2b. Esta prevalencia se mantuvo a lo largo de los años (Figura 2). Sin embargo, durante la última década, se observó un aumento de la prevalencia del serogrupo 4b entre los aislamientos de origen clínico como se muestra en la Figura 3.

Figura 2: Distribución de serogrupos en aislamientos de alimentos (Período 1995-2016)

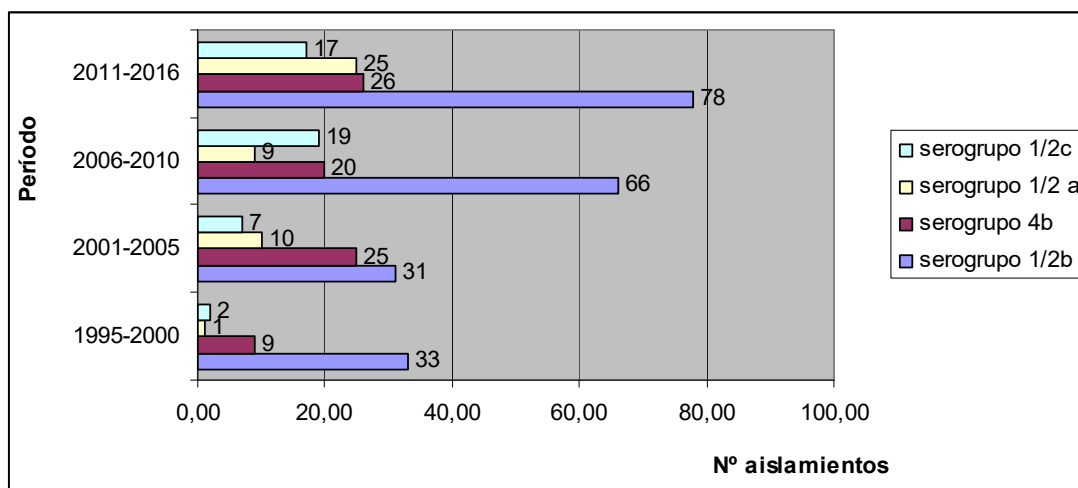
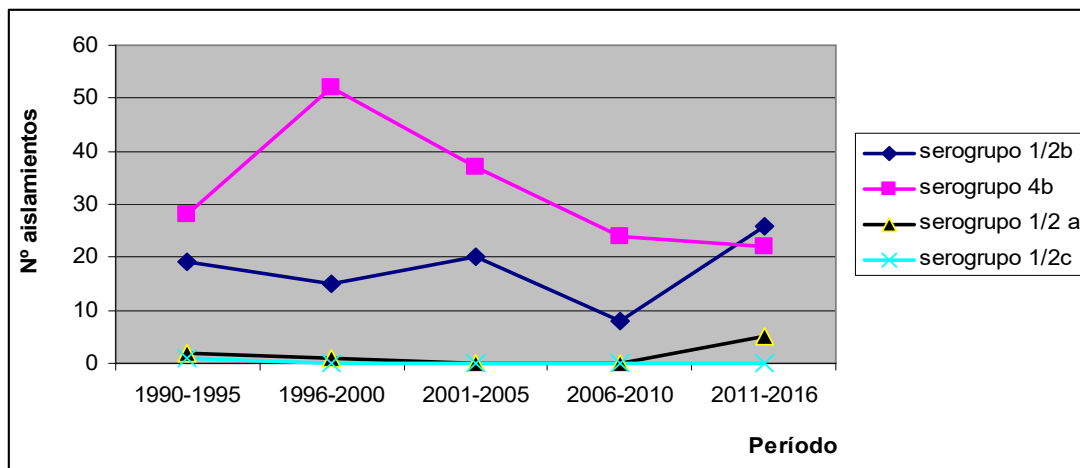


Figura 3: Distribución de serogrupos en aislamientos de casos de listeriosis humana (Período 1995-2016)



#### **Subtipificación molecular por PFGE de aislamientos de listeriosis humana**

Con fines epidemiológicos, se define un *cluster* como dos o más aislamientos que presentan idéntico pulsotipo con ambas enzimas de restricción. Durante el período 2011-2016 fueron seleccionados para analizar aquellos aislamientos de casos que ocurrieron durante un período no mayor a 6 meses de la fecha de recepción en el LNR, de forma tal de monitorear la aparición de pulsotipos relacionados en tiempo real. Fueron subtipificados 42 de los 53 aislamientos de origen humano. Se obtuvieron 31 pulsotipos con la enzima *AscI* y 37 pulsotipos con la enzima *Apal*. Los *cluster* identificados se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4: Aislamientos de origen humano genéticamente relacionados.

| <b>Cluster</b> | <b>Nº aislamientos</b> | <b>Relación epidemiológica</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A              | 2                      | Derivado con sospecha de brote intrahospitalario. No fue detectada la fuente. Año 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| B              | 2                      | Casos esporádicos de distintos hospitales, sin relación epidemiológica aparente. Año 2012.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| C              | 2                      | Listeriosis neonatal- Aislamientos de madre y neonato. Año 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| D              | 2                      | Casos esporádicos remitidos por un mismo sanatorio en el lapso de 30 días. El sanatorio fue alertado. No fue posible realizar encuesta alimentaria a los pacientes. No se registraron más casos. Año 2015                                                                                                                                                                                                |
| E              | 2                      | Derivados con sospecha de brote intrahospitalario. El hospital fue notificado inmediatamente para dar alerta a epidemiología provincia. La paciente correspondiente al caso índice no acudió a la cita para toma de muestra vaginal. La muestra de secreciones vaginales de la segunda paciente fue remitida al LNR para aislamiento de <i>L. monocytogenes</i> y la búsqueda resultó negativa. Año 2016 |

### **Subtipificación de aislamientos de alimentos**

A partir del año 2014, todos los aislamientos de *L. monocytogenes* de alimentos listos para el consumo (los cuales representan el mayor riesgo de infección para la población), fueron incorporados al estudio de subtipificación molecular, con el objetivo de monitorear la aparición de pulsotipos relacionados con casos de listeriosis invasiva. Fueron analizados 43 aislamientos y se obtuvieron 26 pulsotipos con *Apal* y 29 pulsotipos con *Ascl*.

Un aislamiento de rol philadelphia (sushi) fue agrupado en un *cluster* con un aislamiento de aborto séptico ocurrido en la misma ciudad durante el mismo mes. El hospital fue informado y se solicitó citar a la paciente para realizar una encuesta alimentaria y así

establecer la relación epidemiológica. La paciente no acudió a la cita. Si bien, no pudo confirmarse epidemiológicamente, este representó el primer *cluster* detectado en tiempo real, que asocia un alimento con un caso humano. A nivel internacional, se ha reportado un solo estudio que asoció epidemiológicamente un caso de listeriosis por consumo de salame contaminado con *L. monocytogenes* en la ciudad de Filadelfia (Estados Unidos de América), aunque no se han confirmado brotes derivados del consumo de embutidos secos o salazones crudas (Moore, 2004).

## **C.2) Evaluación de la exposición**

Inicialmente se procedió a realizar un esquema de proceso de producción de embutidos secos y salazones crudas que guiara en el proceso de construcción del modelo de evaluación cuantitativa del riesgo. Dado que existen en el mercado diferentes productos embutidos y salazones, y considerando que de acuerdo a sus características de procesamiento pudieran modificarse las condiciones que controlan la presencia y sobrevivencia de *L. monocytogenes* en los mismos, se decidió modelar la producción de cuatro tipos de embutidos (empleando cuatro diámetros de tripa diferente: 45 mm, 55 mm, 90 mm y 100 mm) y dos salazones (bondiola y panceta).

### **C.2.a) Evaluación de la exposición a *L. monocytogenes* por consumo de embutidos**

Los embutidos son chacinados en cualquier estado y forma admitida que hayan sido introducidos a presión en un fondo de saco de origen orgánico o inorgánico aprobado para tal fin, aunque en el momento del expendio y/o consumo carezcan del continente (Art. 303, CAA). Se entiende por embutidos secos, aquellos embutidos crudos que han sido sometidos a un proceso de deshidratación parcial para favorecer su conservación por un lapso prolongado (Art. 306, CAA). En la Figura 4 se presenta el esquema general de elaboración de embutidos. Las variables incluidas en el modelo de riesgos están descriptas en detalle en el ANEXO I.

#### **Prevalencia de *L. monocytogenes* en carne cruda**

Son escasos los estudios nacionales que hayan evaluado la prevalencia del patógeno en cuestión en carne cruda bovina y porcina. Para modelar esta variable se empleó la información aportada por un estudio realizado por Leotta *et al.* (2016) en carne procedente de carnicerías de la ciudad de Berisso, Provincia de Buenos Aires y otros estudios realizados en plantas elaboradoras de producto embutidos. En dichos estudios, se analizó un total de 355 muestras de carne (en su mayoría de origen bovino) de las cuales 79 dieron positivas para *L. monocytogenes*. Para el modelo cuantitativo se empleó una distribución Beta para capturar la variabilidad existente en este parámetro.

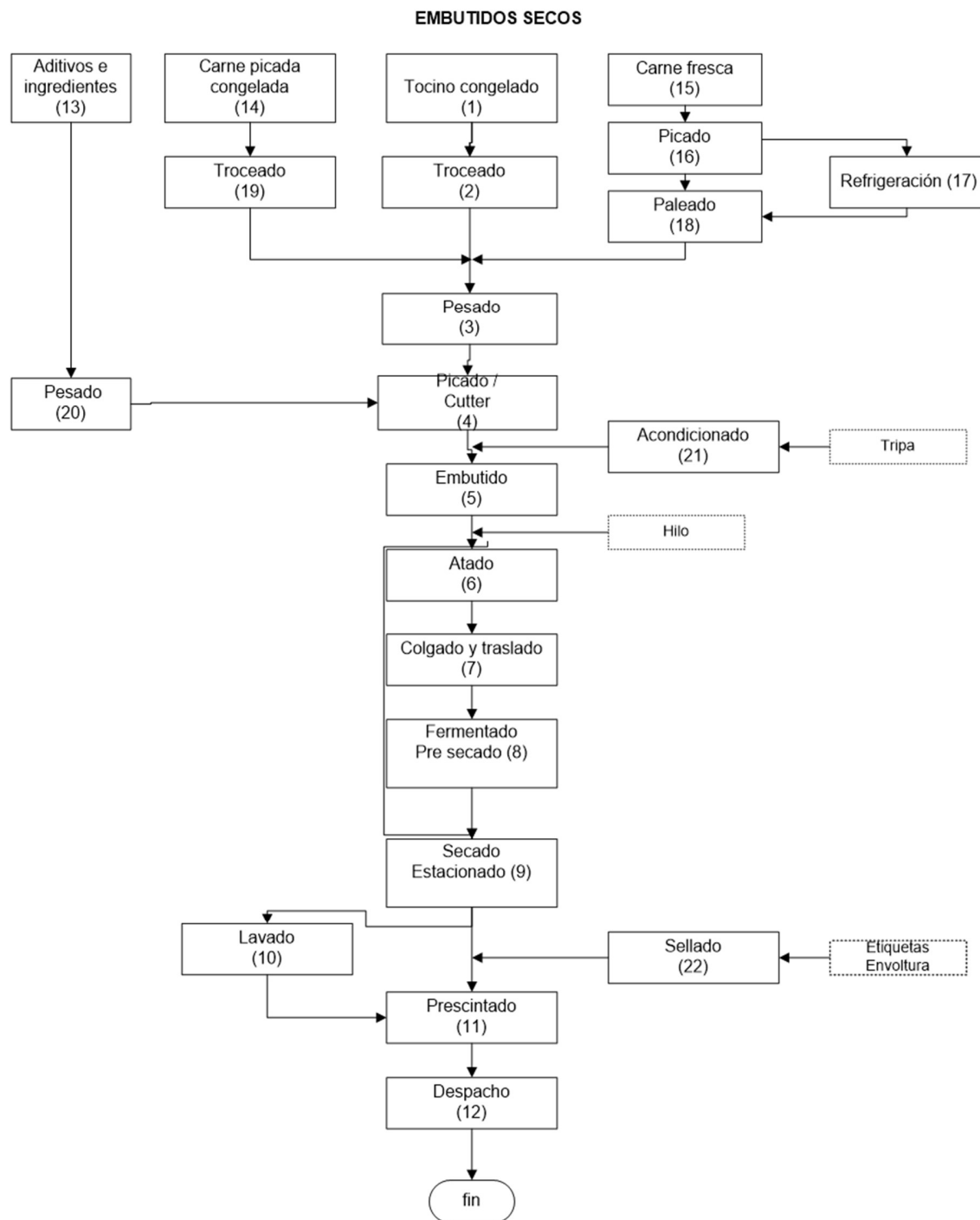


Figura 4: Esquema del proceso general de elaboración de embutidos.

#### Concentración de *L. monocytogenes* en carne cruda

No existen estudios realizados a nivel nacional que hayan evaluado la carga del patógeno en carne cruda. Se sabe que el límite de detección de la técnica microbiológica empleada para *L. monocytogenes* es de una bacteria en 25 g de carne cruda (equivalente a -1,4 logUFC/g), valor que se empleó como carga mínima esperada. Estudios realizados a nivel internacional y que forman parte de otras evaluaciones de riesgo (Polese *et al.*, 2017; Pouillot & Lubran, 2011; Mataragas *et al.*, 2010; Ross *et al.*, 2009) indican que la máxima concentración de *L. monocytogenes* encontrada en carne cruda es de 3 logUFC/g. De esta forma, la carga del patógeno en carne positiva a *L. monocytogenes* fue modelada empleando una distribución UNIFORME.

No obstante, no es posible asumir que la carne que diera negativa a *L. monocytogenes* empleando las técnicas microbiológicas recomendadas no contengan un nivel del patógeno inferior al límite de detección de la técnica (<1 bacteria/25 g). De esta forma se modeló, empleando una distribución UNIFORME, la carga de *L. monocytogenes* en carne negativa al patógeno, simulando una carga mínima equivalente a 1 bacteria/1000 g de carne y un valor máximo de 1 bacteria/ 25 g de carne.

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de fermentación del embutido

Una vez elaborado el embutido, el mismo sufre un proceso de fermentación a raíz del crecimiento de bacterias ácido lácticas presentes en la masa cárnica, ya sea autóctonas de la carne y el ambiente en el cual se elabora el producto o adicionadas como cultivos iniciadores. En este punto es posible dividir el proceso de elaboración en dos grandes grupos: a) embutidos elaborados sin la adición de cultivos iniciadores y b) embutidos elaborados con la adición de cultivos iniciadores.

Cuando el embutido se realiza sin la adición de cultivos iniciadores el proceso de fermentación es más lento dado que la carga de estas bacterias ácido lácticas (BAL) en la masa cárnica es baja y deben desarrollarse durante el proceso. Para que el crecimiento sea importante es necesario que la temperatura ambiente se encuentre entre 20°C y 35°C, debiendo permanecer a estas temperaturas durante 3 a 5 días. Durante este período de tiempo las BAL se desarrollan, comienzan a producir ácido láctico como principal producto de su crecimiento y consiguientemente se reduce paulatinamente el pH

del embutido. Al mismo tiempo el  $a_w$  de la carne sufre una ligera reducción. El comportamiento de la carga de BAL, la producción de ácido láctico, la reducción del pH y del  $a_w$  del embutido fueron modelados a partir de información reportada por expertos del INTI y a partir de resultados publicados por Silins (2014), Zdolec *et al.* (2007) y Fontana *et al.* (2005).

Por otra parte, es posible adicionar cultivos iniciadores conformados por diferentes especies de BAL en concentraciones cercanas a 6 logUFC/g de carne. De esta forma, las BAL se transforman en el cultivo predominante, generan rápidamente ácido láctico y por ende una reducción acelerada del pH del embutido. Es por esto que los embutidos con el agregado de cultivos iniciadores permanecen durante esta etapa entre 24 y 60 horas a una temperatura que oscila entre los 15°C y 20°C, dependiendo de las características del mismo. Los parámetros de temperatura y tiempo de fermentación, pH y  $a_w$  alcanzados dependerán del tipo de embutido a elaborar. El comportamiento de la carga de BAL, la producción de ácido láctico, la reducción del pH y del  $a_w$  del embutido con el agregado de cultivos iniciadores fue modelado a partir de información reportada por expertos del INTI, datos de empresas privadas y a partir de resultados publicados por Silins (2014), Pragalaki *et al.* (2013), Coroller *et al.* (2012), Dourou *et al.* (2009), Zdolec *et al.* (2007), Fontana *et al.* (2005) y Tyopponen *et al.* (2003).

En la masa cárnica del embutido, *L. monocytogenes* puede crecer, inhibir su crecimiento o sufrir un proceso de muerte no térmica en función de las condiciones de pH,  $a_w$  y temperatura a la cual se exponga. Para modelar el crecimiento/no crecimiento del patógeno se recopiló información a partir de numerosos artículos científicos (Polese *et al.*, 2017; Mataragas *et al.*, 2015; Pragalaki *et al.*, 2013; Coroller *et al.*, 2012; Dourou *et al.*, 2009; Zdolec *et al.*, 2007; Mataragas *et al.*, 2006; Tyopponen *et al.*, 2003; Buchanan *et al.*, 1997; Duffy *et al.*, 1994; Buchanan y Phillips 1990). El modelo reportado por Polese *et al.* (2017) propone inicialmente determinar cuál es la probabilidad de que *L. monocytogenes* crezca bajo las condiciones ambientales en las que se encuentra en el embutido, fundamentalmente considerando la temperatura, el pH, el  $a_w$ , el nivel de ácido láctico, la carga de BAL y la contaminación con *L. monocytogenes*. Una vez resuelta la ecuación se consideró que *L. monocytogenes* se iba a desarrollar en el embutido si la probabilidad de crecimiento era igual o superior al 10%. Este criterio, aceptado en otras evaluaciones de riesgo (Polese *et al.*, 2017) resulta una posición conservadora con la intención de

sobrestimar las posibilidades de crecimiento del patógeno en función de su impacto zoonótico.

Si el patógeno tenía posibilidades de crecer, la concentración alcanzada luego del período de fermentación se modeló empleando la ecuación propuesta por Polese *et al.* (2017) siguiendo los principios de la aproximación cinética de Buchanan *et al.* (1997), estimándose para tal fin la tasa máxima de crecimiento ( $\mu_{\max}$ ) y la duración de la fase de latencia (fase lag,  $\lambda$ ) en función de la temperatura, el pH, el  $a_w$ , el nivel de ácido láctico y la concentración de BAL en el embutido. Si el tiempo de permanencia bajo esas condiciones durante la fermentación del embutido eran iguales o superiores a la fase de latencia calculada para *L. monocytogenes*, se estimó la concentración final. Si el tiempo de permanencia en fermentación era menor a la fase de latencia, se consideró que la carga final de *L. monocytogenes* era la misma que al inicio del proceso.

Si las condiciones dadas en la masa del embutido durante la fermentación no eran las adecuadas para sostener el crecimiento de *L. monocytogenes* y la ecuación propuesta por Polese *et al.* (2017) ofrecía una posibilidad de crecimiento inferior al 10%, se modeló entonces la muerte del patógeno por razones no-térmicas, de acuerdo a lo reportado por Mataragas *et al.* (2015). En el citado artículo se analizan y proponen, con base en estudios *in vivo*, ecuaciones de muerte no-térmica para *L. monocytogenes* en función de la reducción del pH en el embutido (principal factor determinante del crecimiento durante la etapa de fermentación).

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de secado/maduración del embutido

Durante esta etapa el embutido alcanza el mínimo valor de pH y puede experimentar un leve ascenso a medida que avanza la maduración. El principal cambio que experimenta el producto es el descenso del  $a_w$ , convirtiéndose en el principal parámetro que regula el crecimiento microbiano, incluido el de *L. monocytogenes*. Este período puede demandar entre 15 y 21 días a una temperatura variable entre 15°C y 25°C dependiendo del tipo de embutido. La reducción en los valores de  $a_w$  son variables dependiendo si en la elaboración del embutido se agregaron o no cultivos iniciadores y los parámetros del proceso de secado. La evolución de los principales factores (pH,  $a_w$ , temperatura) fue modelada a partir de información reportada por expertos del INTI, datos de empresas privadas y a partir de resultados publicados por Silins (2014), Pragalaki *et al.* (2013),

Coroller *et al.* (2012), Dourou *et al.* (2009), Zdolec *et al.* (2007), Fontana *et al.* (2005) y Tyopponen *et al.* (2003).

Para modelar el crecimiento/no crecimiento de *L. monocytogenes* durante el período de maduración se siguió la misma aproximación descrita para la etapa de fermentación, siguiendo los lineamientos propuestos por Polese *et al.* (2017). Si *L. monocytogenes* estaba en un entorno que le permitía crecer (con una probabilidad de crecimiento igual o superior al 10%), la concentración del patógeno al final del período de maduración se modeló de igual forma a lo descrito para la etapa de fermentación, considerando la duración de la etapa de latencia del microorganismo y la tasa máxima de crecimiento en función de los parámetros del embutido. Si *L. monocytogenes* no encontraba condiciones adecuadas para crecer, se modeló la muerte no-térmica empleando para ello la ecuación reportada por Mataragas *et al.* (2015) en función del grado de descenso del  $a_w$  alcanzado por el embutido durante su maduración.

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de almacenamiento/venta final del embutido

Una vez finalizado el período de maduración, el embutido es distribuido a los puntos de venta final. Este proceso se realiza, normalmente, a temperatura ambiente, siendo el período de vida útil de este tipo de productos variable entre 30 y 90 días. Para determinar la probabilidad de que *L. monocytogenes* crezca/no crezca y en función de lo anterior cuánto crece o cuánto muere, fue modelado siguiendo los mismos lineamientos descriptos anteriormente para la etapa de maduración.

Al finalizar el modelado de esta etapa fue posible estimar la concentración de *L. monocytogenes* en el embutido listo para el consumo y la probabilidad de que el embutido sea reportado como positivo a *L. monocytogenes* siguiendo la normativa actualmente vigente (presencia del patógeno en 25 g de embutido) en el Código Alimentario Argentino.

#### Consumo de embutidos

El tamaño de la porción de embutidos consumidos en Argentina y la frecuencia de consumo de embutidos por la población nacional fueron modelados empleando los datos reportados por la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud del año 2015 (ENNyS 2015). La misma estima, mediante la ejecución de entrevistas por recuerdo de lo consumido las 24 horas anteriores a la encuesta, que la población adulta en Argentina consume un promedio de 28,9 g (desviación estándar= 20,6 g) de embutidos, empleándose una

distribución NORMAL LOGARÍTMICA para modelar la variabilidad existente en el tamaño estimado de la porción. Multiplicando la carga de *L. monocytogenes* por gramo de embutido por el tamaño de la porción fue posible estimar la dosis total del patógeno consumida.

Además de estimar la probabilidad de infección por porción consumida, esta evaluación de riesgos pretende estimar la probabilidad de que los consumidores argentinos padezcan listeriosis por consumo de embutidos durante un año. Para ello fue necesario estimar el número de porciones consumidas anualmente. Se partió del dato de la frecuencia de consumo de embutidos por parte de la población nacional. Según la ENNyS (2015) la población general tiene una probabilidad diaria de consumir embutidos de 0,03161, mientras que dicha probabilidad en embarazadas fue estimada en 0,04427. Multiplicando la población en cada estrato por la frecuencia de consumo se obtuvo el número diario de porciones consumidas y multiplicándolo por 365 se estimó el número de porciones anuales consumidas en nuestro país por cada subpoblación de riesgo.

#### **C.2.b) Evaluación de la exposición a *L. monocytogenes* por consumo de salazones crudas**

Las salazones cárnicas son productos sometidos únicamente a un proceso de salado. Desde el punto de vista tecnológico, estos productos requieren de la pérdida de humedad (secado) para su conservación y se caracterizan fundamentalmente por alcanzar o sobrepasar valores de actividad de agua correspondientes a los productos de humedad intermedia con la característica particular de que no requieren refrigeración para su conservación (Pérez-Álvarez, 2006).

Estos productos son elaborados a partir de piezas cárnicas intactas, es decir, cortes que no han sufrido ningún tipo de tratamiento químico o físico que afecte la integridad de la masa muscular que lo compone. En este tipo de productos es de esperar que su parte interna esté libre de microorganismos y que la contaminación bacteriana se dé eminentemente en la superficie del corte (Crowley *et al.*, 2009; Skandanis & Nychas, 2007; Rodríguez, 1990; Ockerman, 1969). Del mismo modo, si la traslocación bacteriana desde el exterior del corte hacia la parte interna del corte fuere factible, la misma no superaría los 0,25 mm (Anderson *et al.*, 1991). De tal forma, cualquier tratamiento que se aplique sobre ese tipo de productos (en este caso el curado de la pieza) impactará

directamente sobre los microorganismos que allí residen. En la Figura 5 se presenta un esquema general de elaboración de salazones crudas. Las variables incluidas en el presente modelo de riesgos están descritas en detalle en el ANEXO II.

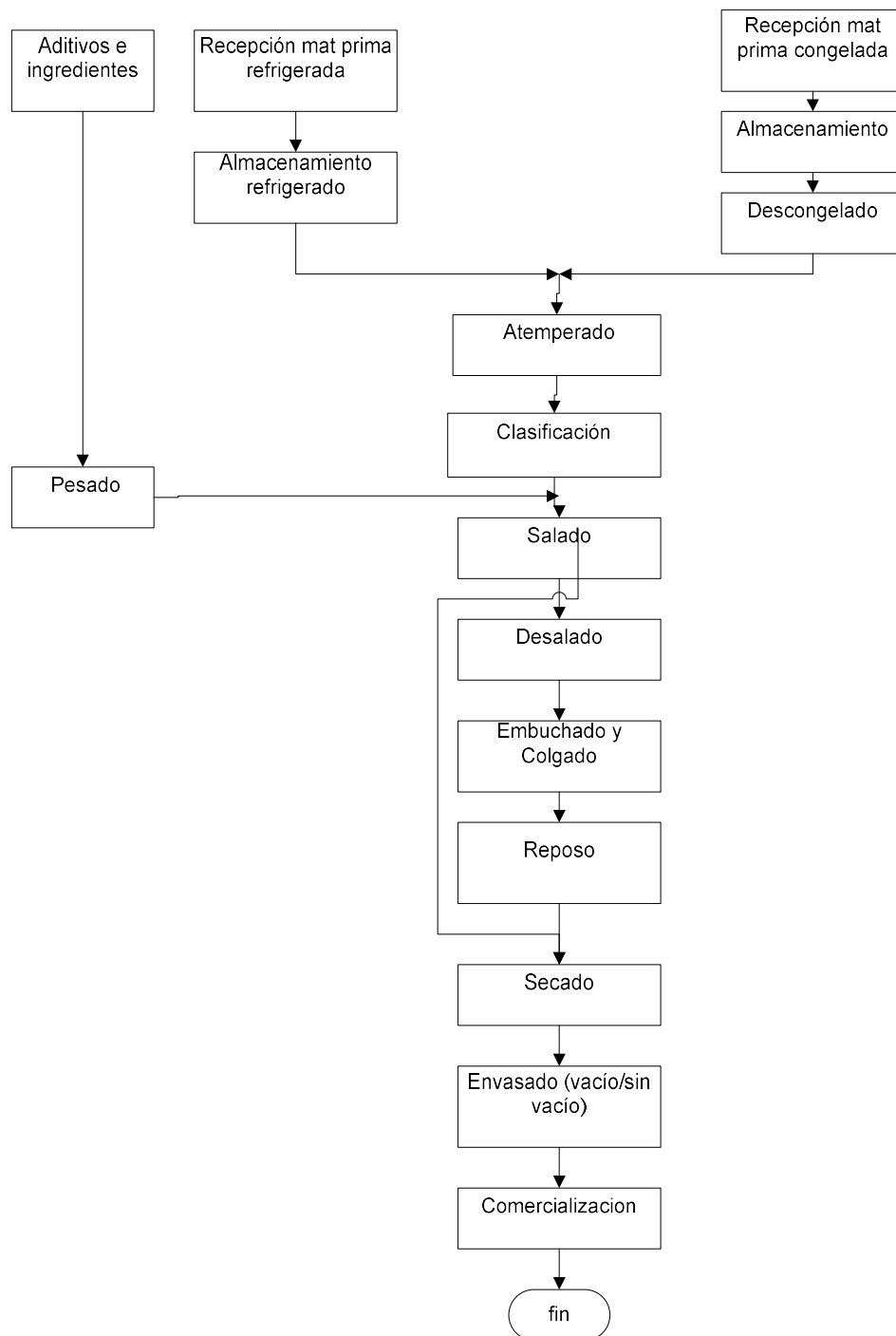


Figura 5: Esquema del proceso general de elaboración de salazones crudas.

#### Prevalencia de *L. monocytogenes* en carne cruda

Son escasos los estudios nacionales que hayan evaluado la prevalencia del patógeno en cuestión en carne cruda bovina y porcina. Para modelar esta variable se empleó la información aportada por un estudio realizado por Leotta *et al.* (2016) en carne procedente de carnicerías de la ciudad de Berisso, Provincia de Buenos Aires y otros estudios realizados en plantas elaboradoras de producto embutidos. En dichos estudios, se analizó un total de 355 muestras de carne (en su mayoría de origen bovino) de las cuales 79 dieron positivas para *L. monocytogenes*. Para el modelo cuantitativo se empleó una distribución Beta para capturar la variabilidad existente en este parámetro.

#### Concentración de *L. monocytogenes* en carne cruda

No existen estudios realizados a nivel nacional que hayan evaluado la carga del patógeno en carne cruda. Se sabe que el límite de detección de la técnica microbiológica empleada para *L. monocytogenes* es de una bacteria en 25 g de carne cruda (equivalente a -1,4 logUFC/g), valor que se empleó como carga mínima esperada por cm<sup>2</sup> de carne. Para modelar la carga más probable se emplearon los resultados obtenidos por Leotta *et al.* (2018) quienes evaluaron microbiológicamente la superficie de 1350 canales bovinas, siendo el recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales de 2,29 logUFC/cm<sup>2</sup> (D.S.= 1,17 logUFC/cm<sup>2</sup>). Teniendo en cuenta que esta variable presenta incertidumbre al no haber datos locales, se modeló la carga máxima del patógeno empleando los datos reportados por Bohaychuk *et al.* (2011) quienes informaron recuentos máximos de microorganismos aerobios totales de 4,48 logUFC/cm<sup>2</sup> de carne porcina. Al no poseer datos nacionales sobre el recuento de *L. monocytogenes* en cortes cárnicos, se consideró que toda la contaminación de mesófilos correspondía a dicho patógeno. De esta forma, la carga de *L. monocytogenes* en cortes cárnicos que se emplean para la elaboración de salazones crudas fue modelada empleando una distribución PERT, con parámetro mínimo de -1,4 logUFC/cm<sup>2</sup>, valor más probable modelado mediante una distribución NORMAL (media= 2,29 logUFC/cm<sup>2</sup> y desviación estándar de 1,17 logUFC/cm<sup>2</sup>) y valor máximo de 4,48 logUFC/cm<sup>2</sup>.

No obstante, no es posible asumir que la carne que diera negativa a *L. monocytogenes* empleando las técnicas microbiológicas recomendadas no contengan un nivel del patógeno inferior al límite de detección de la técnica (<1 bacteria/25 g). De esta forma se modeló, empleando una distribución UNIFORME, la carga de *L. monocytogenes* en carne

negativa al patógeno, simulando una carga mínima equivalente a 0,001 bacteria/cm<sup>2</sup> de carne y un valor máximo de 1 bacteria/ 25 cm<sup>2</sup> de carne.

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de secado de una salazón

Inicialmente las piezas cárnicas son sometidas a un proceso de salado, el cual puede ser realizado de diferentes maneras (salado en seco, salado en salmuera, salado mixto o salado rápido), pero cuya función es poner en contacto el agua constituyente de la carne con la sal. De esta forma se crea una solución sobresaturada de cloruro de sodio en la superficie del corte cárnico que es la fuerza impulsora para la difusión de la sal al interior de la masa muscular.

Las características del proceso de salado son diferentes en función del tipo de producto a elaborar. El salado de la panceta comprende aproximadamente cinco días a una temperatura que oscila entre 1°C y 3°C. El producto alcanza un  $a_w$  que varía entre 0,934 al inicio del proceso y desciende hasta 0,852. Por su parte, el pH varía entre 5,51 y 5,98.

La bondiola es un producto de mayor diámetro y el proceso de salado se extiende durante siete días aproximadamente. El pH del producto varía a lo largo del proceso entre un máximo de 6,05 y un valor mínimo de 5,99. Con respecto al nivel de actividad de agua medido en la totalidad de la masa cárnica, éste varía entre 0,966 y 0,979, aunque a nivel de la superficie de la salazón (superficie en contacto con la sal) el  $a_w$  resulta inferior a 0,920 (con rangos de variación entre 0,875 y 0,943). Este proceso se realiza a temperaturas entre 16°C y 17°C. Los parámetros de proceso en la elaboración de las salazones fueron modelados a partir de información reportada por expertos del INTI y a partir de resultados publicados por Giovannini *et al.* (2007).

En la superficie del corte cárnico, *L. monocytogenes* puede crecer, ver inhibido su crecimiento o sufrir un proceso de muerte no-térmica en función de las condiciones de pH,  $a_w$  y temperatura a la cual se exponga. Para modelar el crecimiento / no crecimiento del patógeno se recopiló información a partir de numerosos artículos científicos (Polese *et al.*, 2017; Mataragas *et al.*, 2015; Pragalaki *et al.*, 2013; Coroller *et al.*, 2012; Dourou *et al.*, 2009; Zdolec *et al.*, 2007; Mataragas *et al.*, 2006; Tyopponen *et al.*, 2003; Buchanan *et al.*, 1997; Duffy *et al.*, 1994; Buchanan y Phillips 1990). El modelo reportado por Polese *et al.* (2017) propone inicialmente determinar cuál es la probabilidad de que *L. monocytogenes* crezca bajo las condiciones ambientales en las que se encuentra en la salazón, fundamentalmente considerando la temperatura, el pH, el  $a_w$ , el nivel de ácido láctico, la

carga de BAL y la contaminación con *L. monocytogenes*. El nivel de BAL en la superficie de los cortes, así como el pH que alcanza al final del secado y la concentración de ácido láctico adquieren poca relevancia en este proceso porque solo está presente una pequeña cantidad de BAL correspondiente a la microflora autóctona, el pH no se ve sustancialmente modificado y el ácido láctico es el residual producto de la maduración de la carne. Una vez resuelta la ecuación se consideró que *L. monocytogenes* se iba a desarrollar en la salazón si la probabilidad de crecimiento era igual o superior al 10%.

Si el patógeno tenía posibilidades de crecer, la concentración alcanzada luego del período de salado se modeló empleando la ecuación propuesta por Polese *et al.* (2017) siguiendo los principios de la aproximación cinética de Buchanan *et al.* (1997), estimándose para tal fin la tasa máxima de crecimiento ( $\mu_{max}$ ) y la duración de la fase de latencia (fase lag,  $\lambda$ ) en función de la temperatura, el pH, el  $a_w$ , el nivel de ácido láctico y la concentración de BAL en la salazón. Si el tiempo de permanencia bajo esas condiciones durante el salado del producto eran iguales o superiores a la fase de latencia calculada para *L. monocytogenes*, se estimó la concentración final. Si el tiempo de permanencia en el salado era menor a la fase de latencia, se consideró que la carga final de *L. monocytogenes* era la misma que al inicio del proceso.

Si las condiciones dadas en el corte cárnico durante el salado no eran las adecuadas para sostener el crecimiento de *L. monocytogenes* y la ecuación propuesta por Polese *et al.* (2017) ofrecía una posibilidad de crecimiento inferior al 10%, se modeló entonces la muerte del patógeno por razones no-térmicas, de acuerdo a lo reportado por Mataragas *et al.* (2015). En el citado artículo se analizan y proponen, con base en estudios *in vivo*, ecuaciones de muerte no-térmica para *L. monocytogenes* en función de la reducción del  $a_w$  en la salazón (principal factor determinante del crecimiento durante esta etapa).

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de maduración de la salazón

Durante esta etapa la salazón alcanza el mínimo valor de  $a_w$  y se producen modificaciones químicas que finalizarán dándole al producto las características organolépticas típicas. El descenso del  $a_w$  se convierte en el principal parámetro que regula el crecimiento microbiano, incluido el de *L. monocytogenes*. Este período es variable según la salazón a considerar, siendo de aproximadamente 20-22 días en el caso de las bondiolas. La evolución de los principales factores (pH,  $a_w$ , temperatura) fue

modelado a partir de información reportada por expertos del INTI, datos de empresas privadas y a partir de resultados publicados por Giovannini *et al.* (2007).

Para modelar el crecimiento / no crecimiento de *L. monocytogenes* durante el período de maduración se siguió la misma aproximación descrita para la etapa de salado, siguiendo los lineamientos propuestos por Polese *et al.* (2017). Si *L. monocytogenes* estaba en un entorno que le permitía crecer (con una probabilidad de crecimiento igual o superior al 10%), la concentración del patógeno al final del período de maduración se modeló de igual forma a lo descrito para la etapa de salado, considerando la duración de la etapa de latencia del microorganismo y la tasa máxima de crecimiento en función de los parámetros de la salazón. Si *L. monocytogenes* no encontraba condiciones adecuadas para crecer, se modeló la muerte no-térmica empleando para ello la ecuación reportada por Mataragas *et al.* (2015) en función del grado de descenso del  $a_w$  alcanzado por la salazón durante su maduración.

#### Desarrollo de *L. monocytogenes* durante el período de almacenamiento/venta final de la salazón

Una vez finalizado el período de maduración, la salazón es distribuida a los puntos de venta final. Este proceso se realiza, normalmente, a temperatura de refrigeración, aunque se simuló posibles abusos térmicos con temperaturas entre 4°C y 15°C. Por otra parte, el período de vida útil de este tipo de productos es variable entre 210 y 240 días. Para determinar la probabilidad de que *L. monocytogenes* crezca / no crezca y en función de lo anterior cuánto crece o cuánto muere, fue modelado siguiendo los mismos lineamientos descriptos anteriormente para la etapa de maduración.

Al finalizar el modelado de esta etapa fue posible estimar la concentración de *L. monocytogenes* en la salazón (bondiola y panceta) lista para el consumo y la probabilidad de que la misma sea reportada como positiva a *L. monocytogenes* siguiendo la normativa actualmente vigente (presencia del patógeno en 25 g de embutido) en el Código Alimentario Argentino.

#### Consumo de salazones

El tamaño de la porción de salazones consumidos en Argentina y la frecuencia de su consumo por la población nacional fueron modelados empleando los datos reportados por la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud del año 2015 (ENNyS 2015). La misma estima, mediante la ejecución de entrevistas por recuerdo de lo consumido las 24 horas anteriores

a la encuesta, que la población adulta en Argentina consume un promedio de 61,59 g (desviación estándar= 22,9 g) de salazones (incluyendo jamón crudo y panceta), empleándose una distribución NORMAL LOGARÍTMICA para modelar la variabilidad existente en el tamaño estimado de la porción. Multiplicando la carga de *L. monocytogenes* por gramo de salazón por el tamaño de la porción fue posible estimar la dosis total del patógeno consumida. No obstante, dado que la contaminación es superficial, se debió calcular a cuántos cm<sup>2</sup> de superficie equivalían los gramos de producto consumido. Lo anterior se realizó mediante una transformación (Signorini y Tarabla, 2009) por medio de la cual se estima que por cada gramo de producto cárnico equivale a una superficie de entre 0,1 y 0,5 cm<sup>2</sup>.

Además de estimar la probabilidad de infección por porción consumida, esta evaluación de riesgos pretende estimar la probabilidad de que los consumidores argentinos padezcan listeriosis por consumo de salazones durante un año. Para ello fue necesario estimar el número de porciones consumidas anualmente. Se partió del dato de la frecuencia de consumo de salazones por parte de la población nacional. Según la ENNyS (2015) la población general tiene una probabilidad diaria de consumir salazones de 0,01048, mientras que dicha probabilidad en embarazadas fue estimada en 0,0046. Multiplicando la población en cada estrato por la frecuencia de consumo se obtuvo el número diario de porciones consumidas y multiplicándolo por 365 se estimó el número de porciones anuales consumidas en nuestro país por cada subpoblación de riesgo.

### C.3) Caracterización del peligro

Se evaluó la relación entre la cantidad del patógeno ingerida por el consumo de embutidos secos y salazones crudas y la probabilidad que tiene el consumidor de enfermar. Para ello se realizó una búsqueda de las principales relaciones dosis-respuesta elaboradas para *Listeria monocytogenes* en humanos.

Es posible reconocer al menos 11 subpoblaciones en función del riesgo diferencial que presentan de padecer listeriosis (Pouillot *et al.*, 2015). El grupo más susceptible es el conformado por las mujeres embarazadas, personas con afecciones renales, pacientes con cáncer hematológico y trasplantados. En un segundo grupo aparecen los adultos mayores de 65 años de edad, pacientes con HIV/SIDA, pacientes con cáncer no hematológico y personas con enfermedades inflamatorias. Con menor susceptibilidad se

encuentran las personas que sufran diabetes (tipo I o tipo II) y enfermedades cardíacas. Finalmente, la menor susceptibilidad está dada en adultos sanos menores de 65 años.

Para cada subpoblación de riesgo se estimó la probabilidad de enfermar empleando para ello la relación dosis-respuesta propuesta por Poulliot *et al.* (2015) que considera un único parámetro  $r$  en un modelo exponencial. Este parámetro  $r$  es diferente para cada una de las subpoblaciones de riesgo identificadas y es un reflejo de su susceptibilidad y de la variabilidad en la virulencia de *L. monocytogenes*. Recientemente se publicó un estudio de brote de listeriosis ocurrido en Estados Unidos por consumo de helado que afectó a personas que se encontraban hospitalizadas y a partir del cual se hicieron nuevas estimaciones del riesgo en personas altamente susceptibles (Pouilliot *et al.*, 2016). Si bien dicho brote no afectó a mujeres embarazadas sino a adultos mayores de 75 años que se encontraban hospitalizadas, el estudio estimó nuevos valores para el parámetro  $r$  para mujeres embarazadas. Si bien se considera que dicha aproximación no es la apropiada, se consideraron estos parámetros de susceptibilidad como alternativos para realizar las estimaciones.

Para estimar el número de personas que sufrirían listeriosis dentro de cada subgrupo de riesgo, inicialmente se estimó el número de personas que se encuentran dentro de cada grupo en Argentina. El número de mujeres embarazadas se estimó a partir del número de niños con menos de un año de edad de acuerdo con el censo 2010 del INDEC multiplicado por 9/12 para contemplar la proporción de niños nacidos el año anterior y a este número se le sumó un valor equivalente al 50% para contemplar embarazos que no llegaron a término (Pohl *et al.*, 2017). El número de personas que padecen diabetes, enfermedades cardiovasculares y enfermedades renales crónicas se estimó a partir de los datos de la 3<sup>ra</sup> Encuesta Nacional de Factores de Riesgo para Enfermedades no Transmisibles (INDEC+MSAL, 2013). Los pacientes con cáncer fueron estimados a partir de datos aportados por el Ministerio de Salud de la Nación. Las personas con VIH/SIDA fueron estimados a partir del Boletín VIH/SIDA en Argentina (2016), mientras que el número de trasplantados fue estimado a partir de los datos del Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante (INCUCAI, 2016). Los adultos mayores a 65 años fueron estimados a partir de la Encuesta Nacional de Población 2010 del INDEC, mientras que los adultos sanos menores de 65 años surgieron a partir de la población total del país según los datos del INDEC menos la población incluida en los subgrupos de riesgo.

#### C.4) Caracterización del riesgo

Se integró toda la información obtenida durante las dos etapas anteriores de la evaluación de riesgos y se diseñó un modelo cuantitativo de riesgo que describe con el mayor grado de detalle y precisión, las condiciones en las que se producen los embutidos secos y salazones crudas en nuestro país, considerando la variabilidad intrínseca del proceso y las incertidumbres presentes. Una vez diseñado el modelo predictivo 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). Para analizar la validez del modelo, se compararon los resultados arrojados por el mismo con datos obtenidos a partir de los sistemas provinciales de monitoreo de alimentos ante la ausencia de datos reales de incidencia de la enfermedad por parte del Sistema de Vigilancia Epidemiológica.

*Análisis de sensibilidad:* Mediante el empleo del programa @Risk se identificaron los factores que influyen en la aparición y extensión de la contaminación de los productos cárnicos con *L. monocytogenes* y el consiguiente riesgo. Además, se identificaron las etapas del proceso que mayor influencia tienen en el riesgo de adquirir una infección por *L. monocytogenes* y de esta forma poder evaluar un abanico de estrategias de manejo del riesgo que generaría el mayor impacto en la reducción de la exposición. Este análisis además, permitió determinar el grado de incertidumbre y variabilidad asociada a cada variable de entrada dentro del modelo.

*Análisis de escenarios:* Una vez identificados los factores que mayor impacto presentaron sobre el riesgo de exposición a *L. monocytogenes*, se realizó un análisis de escenarios. Para ello, se introdujeron en el modelo cuantitativo de riesgos, las estrategias de manejo hipotéticas y se realizó la simulación de cada escenario. Finalmente, se compararon los estimados de exposición bajo las condiciones actuales y simulando la adopción de medidas de manejo.

### Resultados del modelo cuantitativo de riesgos para embutidos secos

Luego de realizadas las corridas del modelo, se presentan a continuación los resultados, para cada tipo de embutidos, correspondientes a la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis por consumir embutidos secos y el número de personas enfermas que se podrían esperar para cada una de las subpoblaciones de riesgo. En las diferentes tablas se usa, como estimador de tendencia central a la mediana y como estimadores de dispersión los percentiles 5% y 95% dado que en todos los casos las distribuciones resultantes están muy sesgadas y la media es un estimador que es traccionado (sesgado) por los valores extremos de las distribuciones.

#### Embutidos con diámetro de tripa de 45 mm

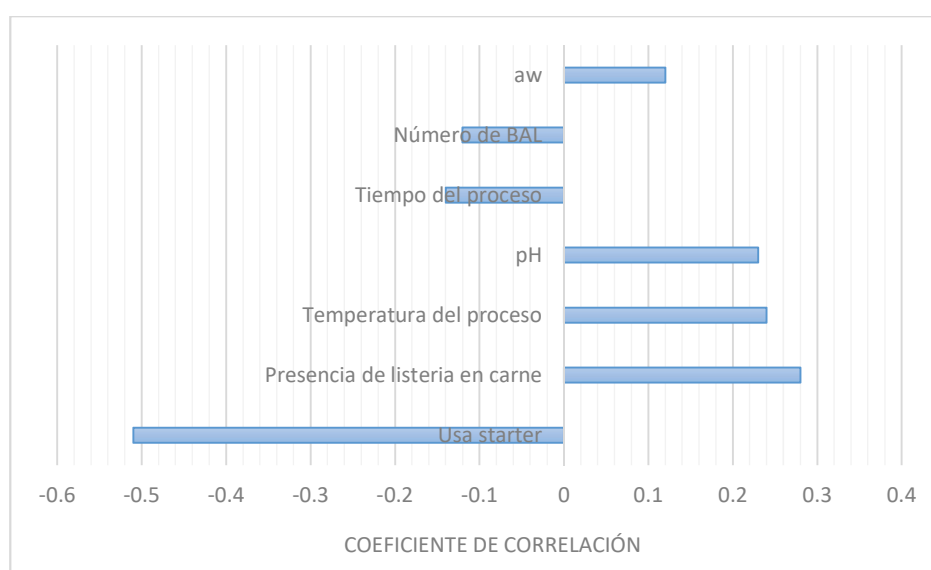
Inicialmente se procedió a estimar la probabilidad de que el consumo de estos productos derive en casos de listeriosis en función de las diferentes subpoblaciones de riesgo (Tabla 5).

Tabla 5: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de embutidos secos con diámetro de tripa de 45 mm

| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |             |                        | Casos esperados |       |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|-----------------|-------|
|                                                | Mediana                  | 5%          | 95%                    | Mediana         | 95%   |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $1,25 \times 10^{-15}$ | 0               | 4     |
| >65 años                                       | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $2,39 \times 10^{-15}$ | 0               | 14    |
| Embarazadas                                    | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $3,96 \times 10^{-15}$ | 0               | 48    |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $1,15 \times 10^{-15}$ | 0               | 17    |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $1,98 \times 10^{-15}$ | 0               | 23    |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $3,06 \times 10^{-15}$ | 0               | 1     |
| Trasplantados                                  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $7,28 \times 10^{-15}$ | 0               | 1     |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $1,20 \times 10^{-15}$ | 0               | 1     |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $9,71 \times 10^{-15}$ | 0               | 1     |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $1,57 \times 10^{-15}$ | 0               | 7     |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $7,13 \times 10^{-15}$ | 0               | 2     |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | 0,2735                 | 0               | >1035 |

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para los estimadores de probabilidad de adquirir listeriosis en todas las subpoblaciones de riesgo, la variable con mayor coeficiente de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r > 0,98$ ). Realizando a su vez un análisis de sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 6.

Figura 6: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, la variable más sensible en el modelo es el uso de cultivos iniciadores en la elaboración de estos tipos de embutidos. Aquellos productos que no utilizan cultivos iniciadores o *starters* tienen una mediana de probabilidad de que las mujeres embarazadas padezcan listeriosis (consideradas como la población en riesgo más relevante) de  $1,24 \times 10^{-14}$  (percentil 5%  $< 10^{-15}$  y percentil 95% =  $2,1 \times 10^{-5}$ ). Por el contrario, cuando en la elaboración de embutidos se adicionaron cultivos iniciadores, la mediana de la probabilidad de enfermar fue  $< 10^{-15}$  (percentil 5%  $< 10^{-15}$  y percentil 95% =  $1,3 \times 10^{-11}$ ).

La presencia del patógeno en la materia prima fue otra de las variables asociadas con la probabilidad de enfermar (correlación positiva), hecho que resulta lógico para la evaluación.

El pH que alcanza el embutido durante la fermentación fue otra de las variables del proceso que tuvieron un gran impacto (correlación positiva) en la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis. En la tabla 6 se puede observar cómo varió esa probabilidad a lo largo de un gradiente de pH, observándose que, a medida que el pH de la masa cárnica desciende, también lo hace la probabilidad de enfermar.

Tabla 6: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del pH alcanzado por el embutido durante su fermentación.

| pH   | Probabilidad de enfermar |             |                        |
|------|--------------------------|-------------|------------------------|
|      | Mediana                  | 5%          | 95%                    |
| 4,84 | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-12}$            |
| 5,02 | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $8,69 \times 10^{-12}$ |
| 5,20 | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $8,76 \times 10^{-9}$  |
| 5,38 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$  | $1,78 \times 10^{-7}$  |
| 5,55 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$  | $1,58 \times 10^{-6}$  |
| 5,73 | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $1,08 \times 10^{-5}$  |
| 5,91 | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $3,79 \times 10^{-5}$  |

La temperatura de fermentación (correlación positiva) y el pH que alcanza el embutido durante esa etapa del proceso fueron los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. Cuando el embutido es fermentado a una temperatura de 20°C, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer en ese ambiente (manteniendo variables el resto de los parámetros) fue, en promedio, del 16,6%. Cuando la temperatura de fermentación asciende a 30°C esa probabilidad de crecimiento se incrementó hasta el 24,8%. Del mismo modo, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer durante la fermentación fue del 11% cuando el pH alcanzado fue de 5,14, incrementándose hasta el 37% cuando el pH fue de 6,1.

De igual forma, el  $a_w$  alcanzado por el embutido (correlación positiva) durante la etapa de maduración fue el otro parámetro del proceso que generó cambios relevantes en la probabilidad de que los consumidores adquieran listeriosis. En términos generales, a menor  $a_w$ , menor fue la probabilidad de infección. Esta tendencia se puede observar en la Tabla 7. Cuando un embutido alcanza valores de  $a_w \leq 0,93$  el riesgo de infección es tres

veces inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante la maduración.

Tabla 7: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la maduración.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |            |                       |
|-------|--------------------------|------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%         | 95%                   |
| 0,90  | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $2,78 \times 10^{-7}$ |
| 0,915 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $4,44 \times 10^{-7}$ |
| 0,93  | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $8,68 \times 10^{-7}$ |
| 0,95  | $<10^{-5}$               | $<10^{-5}$ | $3,61 \times 10^{-4}$ |
| 0,96  | $<10^{-4}$               | $<10^{-4}$ | $1,79 \times 10^{-3}$ |

Son muy pocos los datos existentes en nuestro país que permitan validar el modelo. La Agencia Gubernamental de Control de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires realiza periódicamente análisis de embutidos en busca de *L. monocytogenes*. Durante los últimos años (período 2012-2017) analizó 178 muestras de embutidos comerciales de las cuales 12 dieron positivas (prevalencia estimada del 6,7%, con un intervalo de confianza del 95% entre 3,9% y 11,4%) para este patógeno en 25 g de muestra. La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que un embutido comercial con el agregado de cultivos iniciadores tendría una probabilidad del 7,2% (IC95% 5,8% - 9,0%) de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de embutido. El resultado anterior es muy similar a los datos obtenidos a nivel de control bromatológico y cae dentro del intervalo de confianza de dicha estimación, por lo que se puede concluir que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

Embutidos con diámetro de tripa de 55 mm

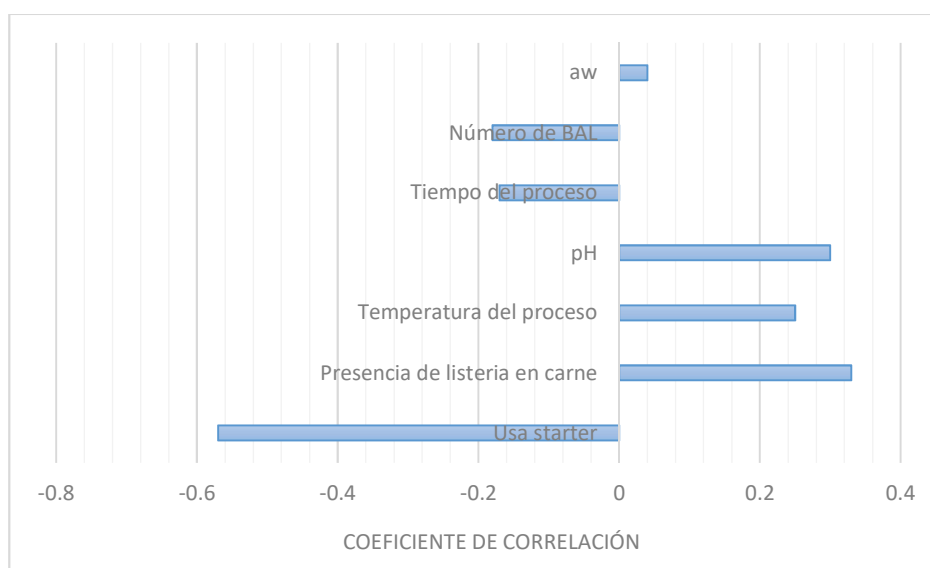
Al igual que en el caso anterior, en la Tabla 8 se presenta la estimación de la probabilidad de que los consumidores, considerando las diferentes subpoblaciones de riesgo, adquieran listeriosis al ingerir embutidos secos con diámetro de tripa de 55 mm.

Tabla 8: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de embutidos secos con diámetro de tripa de 55 mm

| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |             |                       | Casos esperados |       |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|-----------------|-------|
|                                                | Mediana                  | 5%          | 95%                   | Mediana         | 95%   |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $2,38 \times 10^{-8}$ | 0               | 8     |
| >65 años                                       | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $6,41 \times 10^{-7}$ | 0               | 30    |
| Embarazadas                                    | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $6,81 \times 10^{-6}$ | 0               | 82    |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $3,01 \times 10^{-6}$ | 0               | 45    |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $3,13 \times 10^{-5}$ | 0               | 36    |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $8,75 \times 10^{-6}$ | 0               | 3     |
| Trasplantados                                  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $1,01 \times 10^{-5}$ | 0               | 1     |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $3,14 \times 10^{-6}$ | 0               | 3     |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $2,31 \times 10^{-6}$ | 0               | 3     |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $3,24 \times 10^{-7}$ | 0               | 15    |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $1,61 \times 10^{-7}$ | 0               | 5     |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | 0,938                 | 0               | >2100 |

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para todas las variables de probabilidad de adquirir listeriosis, la variable con mayor coeficiente de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r > 0,99$ ). Realizando a su vez un análisis de sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 7.

Figura 7: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, la variable más sensible en el modelo es el uso de cultivos iniciadores en la elaboración de este tipo de embutidos. Aquellos productos que no utilizan cultivos iniciadores o *starters* tienen una mediana de probabilidad de que las mujeres embarazadas padezcan listeriosis (consideradas como la población en riesgo más relevante) de  $5,96 \times 10^{-11}$  (percentil 5%  $< 10^{-12}$  y percentil 95% =  $1,89 \times 10^{-4}$ ). Por el contrario, cuando en la elaboración de embutidos se adicionaron cultivos iniciadores, la mediana de la probabilidad de enfermar fue  $< 10^{-12}$  (percentil 5%  $< 10^{-12}$  y percentil 95% =  $2,19 \times 10^{-10}$ ).

La presencia del patógeno (correlación positiva) en la materia prima fue otra de las variables asociadas con la probabilidad de enfermar, hecho que resulta lógico para la evaluación.

El pH que alcanza el embutido durante la fermentación fue otra de las variables del proceso que tuvieron un gran impacto en la probabilidad (correlación positiva) de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis. En la tabla 9 se puede observar la variación en esa probabilidad a lo largo de un gradiente de pH, observándose que, a medida que el pH de la masa cárnica desciende, también lo hace la probabilidad de enfermar.

Tabla 9: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del pH alcanzado por el embutido durante su fermentación.

| pH   | Probabilidad de enfermar |             |                        |
|------|--------------------------|-------------|------------------------|
|      | Mediana                  | 5%          | 95%                    |
| 4,79 | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-12}$            |
| 4,96 | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-12}$            |
| 5,12 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $4,32 \times 10^{-10}$ |
| 5,29 | $<10^{-9}$               | $<10^{-9}$  | $1,05 \times 10^{-8}$  |
| 5,46 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$  | $1,33 \times 10^{-7}$  |
| 5,63 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$  | $1,28 \times 10^{-6}$  |
| 5,80 | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $1,02 \times 10^{-5}$  |

La temperatura de fermentación (correlación positiva) y el pH que alcanza el embutido durante esa etapa del proceso fueron los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. Cuando el embutido es fermentado a una temperatura de 20°C, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer en ese ambiente (manteniendo variables el resto de los parámetros) fue, en promedio, del 25,5%. Cuando la temperatura de fermentación asciende a 30°C esa probabilidad de crecimiento se incrementó hasta el 38,03%. Del mismo modo, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer durante la fermentación fue del 7,8% cuando el pH alcanzado fue de 4,79, incrementándose hasta el 62,6% cuando el pH fue de 5,8.

De igual forma, el  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la etapa de maduración (correlación positiva) fue el otro parámetro del proceso que generó cambios relevantes en

la probabilidad de que los consumidores adquieran listeriosis. En términos generales, a menor  $a_w$ , menor fue la probabilidad de infección. Esta tendencia se puede observar en la Tabla 10. Cuando un embutido alcanza valores de  $a_w \leq 0,93$  el riesgo de infección es casi dos veces inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante la maduración.

Tabla 10: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la maduración.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |            |                       |
|-------|--------------------------|------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%         | 95%                   |
| 0,90  | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $5,55 \times 10^{-6}$ |
| 0,915 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $9,01 \times 10^{-6}$ |
| 0,93  | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$ | $1,42 \times 10^{-5}$ |
| 0,95  | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$ | $2,01 \times 10^{-5}$ |
| 0,96  | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$ | $2,47 \times 10^{-5}$ |

La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que un embutido comercial con el agregado de cultivos iniciadores tendría una probabilidad del 9,1% (IC95% 7,5% - 11,0%) de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de embutido. El resultado anterior es muy similar a los datos obtenidos a nivel de control bromatológico por Agencia Gubernamental de Control de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (6,9%), concluyéndose que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

#### Embutidos con diámetro de tripa de 90 mm

Siguiendo con el análisis de los diferentes tipos de embutidos secos, en la Tabla 11 se presenta la estimación de la probabilidad de que los consumidores, considerando las

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

diferentes subpoblaciones de riesgo, adquieran listeriosis al ingerir embutidos secos con diámetro de tripa de 90 mm.

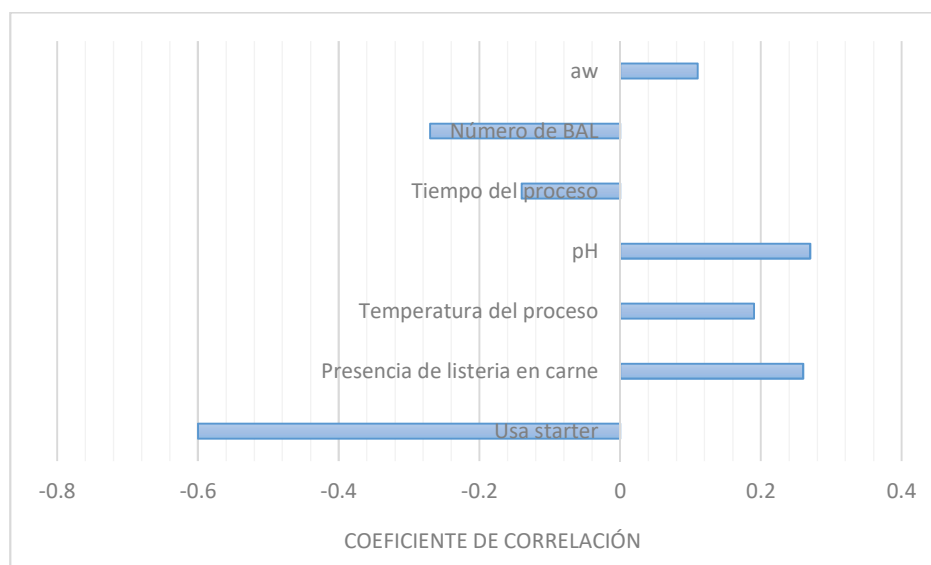
Tabla 11: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de embutidos secos con diámetro de tripa de 90 mm

| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |             |                       | Casos esperados |      |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|-----------------|------|
|                                                | Mediana                  | 5%          | 95%                   | Mediana         | 95%  |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $3,98 \times 10^{-8}$ | 0               | 12   |
| >65 años                                       | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $8,54 \times 10^{-7}$ | 0               | 40   |
| Embarazadas                                    | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $1,09 \times 10^{-5}$ | 0               | 131  |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $3,74 \times 10^{-6}$ | 0               | 56   |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $4,49 \times 10^{-5}$ | 0               | 52   |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $2,09 \times 10^{-5}$ | 0               | 7    |
| Trasplantados                                  | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $1,81 \times 10^{-5}$ | 0               | 1    |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $3,56 \times 10^{-6}$ | 0               | 3    |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $3,08 \times 10^{-6}$ | 0               | 4    |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $2,71 \times 10^{-7}$ | 0               | 12   |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $2,44 \times 10^{-7}$ | 0               | 7    |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$  | 0,646                 | 0               | >897 |

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para todas las variables de probabilidad de adquirir listeriosis, la variable con mayor coeficiente de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r>0,99$ ). Realizando a su vez un análisis de

sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 8.

Figura 8: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, la variable más sensible en el modelo es el uso de cultivos iniciadores en la elaboración de estos tipos de embutidos. Aquellos productos que no utilizan cultivos iniciadores o *starters* tienen una mediana de probabilidad de que las mujeres embarazadas padezcan listeriosis (consideradas como la población en riesgo más relevante) de  $7,39 \times 10^{-11}$  (percentil 5%  $< 10^{-12}$  y percentil 95%  $= 1,54 \times 10^{-4}$ ). Por el contrario, cuando en la elaboración de embutidos se adicionaron cultivos iniciadores, la mediana de la probabilidad de enfermar fue  $< 10^{-14}$  (percentil 5%  $< 10^{-14}$  y percentil 95%  $= 7,21 \times 10^{-14}$ ).

La presencia del patógeno en la materia prima fue otra de las variables asociadas con la probabilidad de enfermar (correlación positiva), hecho que resulta lógico para la evaluación.

El pH que alcanza el embutido durante la fermentación (correlación positiva) fue otra de las variables del proceso que tuvieron un gran impacto en la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis. En la tabla 12 se puede observar cómo varió esa

probabilidad a lo largo de un gradiente de pH, observándose que, a medida que el pH de la masa cárnica desciende, también lo hace la probabilidad de enfermar.

Tabla 12: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del pH alcanzado por el embutido durante su fermentación.

| pH   | Probabilidad de enfermar |             |                        |
|------|--------------------------|-------------|------------------------|
|      | Mediana                  | 5%          | 95%                    |
| 5,1  | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $4,21 \times 10^{-10}$ |
| 5,27 | $<10^{-9}$               | $<10^{-9}$  | $1,36 \times 10^{-8}$  |
| 5,43 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$  | $1,33 \times 10^{-7}$  |
| 5,60 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$  | $1,04 \times 10^{-6}$  |
| 5,77 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$  | $5,56 \times 10^{-6}$  |
| 5,93 | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $2,63 \times 10^{-5}$  |
| 6,1  | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $6,57 \times 10^{-5}$  |

La temperatura de fermentación (correlación positiva) y el pH que alcanza el embutido durante esa etapa del proceso fueron los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. Cuando el embutido es fermentado a una temperatura de 20°C, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer en ese ambiente (manteniendo variables el resto de los parámetros) fue, en promedio, del 25,4%. Cuando la temperatura de fermentación asciende a 30°C esa probabilidad de crecimiento se incrementó hasta el 37,9%. Del mismo modo, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer durante la fermentación fue del 12,2% cuando el pH alcanzado fue de 5,1, incrementándose hasta el 33,6% cuando el pH fue de 5,8.

De igual forma, el  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la etapa de maduración (correlación positiva) fue el otro parámetro del proceso que generó cambios relevantes en la probabilidad de que los consumidores adquieran listeriosis. En términos generales, a menor  $a_w$ , menor fue la probabilidad de infección. Esta tendencia se puede observar en la Tabla 13. Cuando un embutido alcanza valores de  $a_w \leq 0,93$  el riesgo de infección es casi

tres veces inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante la maduración.

Tabla 13: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la maduración.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |            |                       |
|-------|--------------------------|------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%         | 95%                   |
| 0,90  | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $7,83 \times 10^{-7}$ |
| 0,915 | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $1,24 \times 10^{-6}$ |
| 0,93  | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $2,09 \times 10^{-6}$ |
| 0,95  | $<10^{-5}$               | $<10^{-5}$ | $8,43 \times 10^{-4}$ |
| 0,96  | $<10^{-4}$               | $<10^{-4}$ | $3,14 \times 10^{-3}$ |

La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que un embutido comercial con el agregado de cultivos iniciadores tendría una probabilidad del 4,5% (IC95% 3,4% - 6,0%) de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de embutido. El resultado anterior es muy similar a los datos obtenidos a nivel de control bromatológico por Agencia Gubernamental de Control de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (6,9%), concluyéndose que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

#### Embutidos con diámetro de tripa de 100 mm

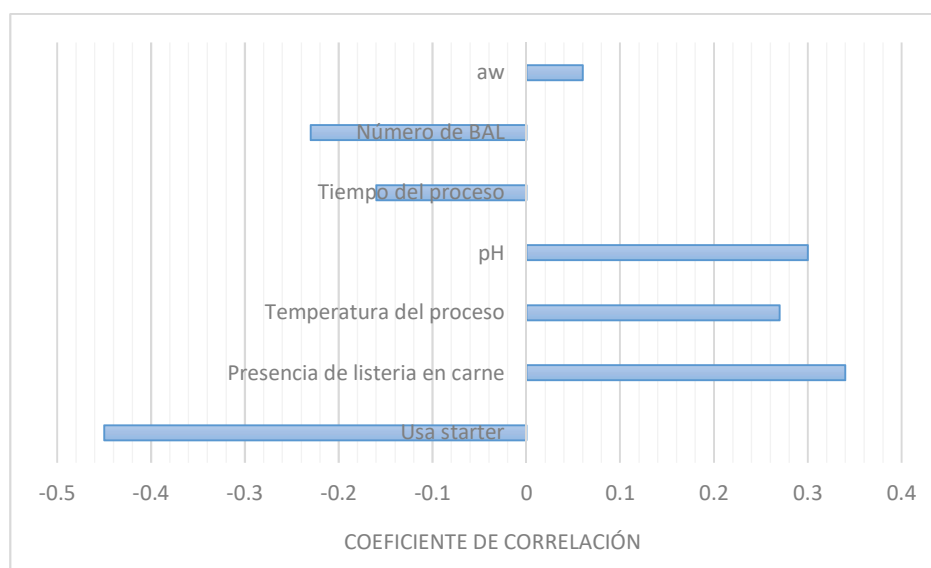
Finalizando con la evaluación de los embutidos secos, en la Tabla 14 se presenta la estimación de la probabilidad de que los consumidores de embutidos secos adquieran listeriosis considerando las diferentes subpoblaciones de riesgo.

Tabla 14: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de embutidos secos con diámetro de tripa de 100 mm

| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |             |                        | Casos esperados |      |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|-----------------|------|
|                                                | Mediana                  | 5%          | 95%                    | Mediana         | 95%  |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $6,01 \times 10^{-10}$ | 0               | 0    |
| >65 años                                       | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $1,24 \times 10^{-8}$  | 0               | 1    |
| Embarazadas                                    | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $2,02 \times 10^{-7}$  | 0               | 2    |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $7,50 \times 10^{-8}$  | 0               | 1    |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $1,02 \times 10^{-6}$  | 0               | 1    |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $2,62 \times 10^{-7}$  | 0               | 0    |
| Trasplantados                                  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $2,61 \times 10^{-7}$  | 0               | 0    |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $8,65 \times 10^{-8}$  | 0               | 0    |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $6,53 \times 10^{-8}$  | 0               | 0    |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $7,81 \times 10^{-9}$  | 0               | 0    |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $4,89 \times 10^{-9}$  | 0               | 0    |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$  | $1,09 \times 10^{-2}$  | 0               | >249 |

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para todas las variables de probabilidad de adquirir listeriosis, la variable con mayor coeficiente de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r>0,99$ ). Realizando a su vez un análisis de sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 9.

Figura 9: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, la variable más sensible en el modelo es el uso de cultivos iniciadores en la elaboración de estos tipos de embutidos. Aquellos productos que no utilizan cultivos iniciadores o *starters* tienen una mediana de probabilidad de que las mujeres embarazadas padezcan listeriosis (consideradas como la población en riesgo más relevante) de  $<10^{-7}$  (percentil 5%  $<10^{-7}$  y percentil 95% =  $3,90 \times 10^{-6}$ ). Por el contrario, cuando en la elaboración de embutidos se adicionaron cultivos iniciadores, la mediana de la probabilidad de enfermar fue  $<10^{-14}$  (percentil 5%  $<10^{-14}$  y percentil 95% =  $<10^{-14}$ ).

La presencia del patógeno en la materia prima (correlación positiva) fue otra de las variables asociadas con la probabilidad de enfermar, hecho que resulta lógico para la evaluación.

El pH que alcanza el embutido durante la fermentación (correlación positiva) fue otra de las variables del proceso que tuvieron un gran impacto en la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis. En la tabla 15 se puede observar cómo varió esa probabilidad a lo largo de un gradiente de pH, observándose que, a medida que el pH de la masa cárnica desciende, también lo hace la probabilidad de enfermar.

La temperatura de fermentación (correlación positiva) y el pH que alcanza el embutido durante esa etapa del proceso fueron los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. Cuando el embutido es fermentado a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer en ese

ambiente (manteniendo variables el resto de los parámetros) fue, en promedio, del 21,8%. Cuando la temperatura de fermentación asciende a 30°C esa probabilidad de crecimiento se incrementó hasta el 32,5%. Del mismo modo, la probabilidad de que *L. monocytogenes* pueda crecer durante la fermentación fue del 11,8% cuando el pH alcanzado fue de 4,8, incrementándose hasta el 60,5% cuando el pH fue de 5,6.

Tabla 15: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del pH alcanzado por el embutido durante su fermentación.

| pH   | Probabilidad de enfermar |             |                        |
|------|--------------------------|-------------|------------------------|
|      | Mediana                  | 5%          | 95%                    |
| 4,70 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $<10^{-11}$            |
| 4,85 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $<10^{-11}$            |
| 5,00 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $<10^{-11}$            |
| 5,15 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $8,22 \times 10^{-11}$ |
| 5,30 | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $1,39 \times 10^{-9}$  |
| 5,45 | $<10^{-9}$               | $<10^{-9}$  | $1,85 \times 10^{-8}$  |
| 5,60 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$  | $1,59 \times 10^{-7}$  |

De igual forma, el  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la etapa de maduración (correlación positiva) fue el otro parámetro del proceso que generó cambios relevantes en la probabilidad de que los consumidores adquieran listeriosis. En términos generales, a menor  $a_w$ , menor fue la probabilidad de infección. Esta tendencia se puede observar en la Tabla 16. Cuando un embutido alcanza valores de  $a_w \leq 0,93$  el riesgo de infección es casi cuatro veces inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante la maduración.

Tabla 16: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por el embutido durante la maduración.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |            |                       |
|-------|--------------------------|------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%         | 95%                   |
| 0,90  | $<10^{-9}$               | $<10^{-9}$ | $7,16 \times 10^{-8}$ |
| 0,915 | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $1,35 \times 10^{-7}$ |
| 0,93  | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $2,57 \times 10^{-7}$ |
| 0,95  | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $6,10 \times 10^{-7}$ |
| 0,97  | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $1,96 \times 10^{-6}$ |

La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que un embutido comercial con el agregado de cultivos iniciadores tendría una probabilidad del 4,8% (IC95% 3,6% - 6,3%) de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de embutido. El resultado anterior es muy similar a los datos obtenidos a nivel de control bromatológico por Agencia Gubernamental de Control de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (6,9%), concluyéndose que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

#### Efecto de la concentración de *L. monocytogenes* en los productos embutidos secos listos para consumir

Independientemente del producto embutido seco que se considere, se procedió a establecer una matriz que combine la carga de *L. monocytogenes* en el producto final y el número esperado de enfermos para cada uno de los grupos poblacionales de riesgo, considerando el tamaño de la porción consumida a nivel nacional, la proporción de la población en cada una de las subpoblaciones y el número potencial de porciones consumidas (Tabla 17).

Tabla 17: Casos esperados de listeriosis para las diferentes subpoblaciones de riesgo en función de la concentración de *L. monocytogenes* en el embutido

| Subpoblación de riesgo                         | Concentración de <i>L. monocytogenes</i> (UFC/g) en embutidos |     |     |      |     |      |       |        |         |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----|-----|------|-----|------|-------|--------|---------|
|                                                | 0,01                                                          | 0,1 | 1   | 10   | 100 | 1000 | 10000 | 100000 | 1000000 |
| <65 años sanos                                 | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 1     | 5      | 55      |
| >65 años                                       | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 2     | 15     | 155     |
| Embarazadas                                    | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 1    | 5     | 51     | 512     |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 2     | 25     | 250     |
| Pacientes con cáncer hematológico              | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 2     | 23     | 229     |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0     | 2      | 21      |
| Trasplantados                                  | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0     | 0      | 5       |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0     | 2      | 16      |
| Pacientes con HIV                              | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0     | 2      | 20      |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 1     | 7      | 67      |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | 0                                                             | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0     | 3      | 34      |
| Pacientes altamente susceptibles               | 0                                                             | 77  | 758 | 7584 | >>  | >>   | >>    | >>     | >>      |

A excepción de la subpoblación de pacientes altamente susceptibles (adultos mayores de 75 años cursando enfermedades) los casos esperados de listeriosis comienzan a visualizarse en concentraciones de *L. monocytogenes* superiores a 1.000 UFC/g de

embutido seco. Estas observaciones concuerdan con otras reportadas en diferentes estudios científicos (Mataragas *et al.*, 2010; Pouillot *et al.*, 2015) los cuales confirman que los casos de listeriosis comienzan a producirse cuando la dosis ingerida (logUFC/porción) es superior a 5,5 logUFC, lo que equivale a una concentración superior a 3 logUFC/g de embutido.

### **Síntesis de la evaluación cuantitativa de riesgos de listeriosis por consumo de embutidos secos**

1.- Los modelos probabilísticos desarrollados para los cuatro tipos de embutidos secos según el diámetro de la tripa fueron validados. En la actualidad, la legislación nacional establece para estos productos la ausencia de *L. monocytogenes* en 25 g. Los modelos cuantitativos de riesgos que fueron desarrollados estiman una prevalencia de embutidos que no cumplirían con las especificaciones de la legislación nacional entre 4,5% y 9,1%. Estos valores resultan similares a los obtenidos por agencias bromatológicas provinciales al muestrear embutidos secos comerciales. Adicionalmente, a nivel internacional se han reportado prevalencias de embutidos contaminados con *L. monocytogenes* en un rango de 5 a 23% (Borges *et al.*, 1999) dependiendo del tipo de producto y forma de preparación.

2.- Los embutidos empleados como ejemplos en esta evaluación de riesgos tuvieron resultados similares en términos de riesgo de ser vehículo en la transmisión de listeriosis.

3.- El riesgo de listeriosis por consumo de embutidos fue, en términos generales, bajo, con valores promedios que nunca superaron una probabilidad de  $10^{-11}$  por porción consumida en las poblaciones más susceptibles (embarazadas, personas trasplantadas o que sufran algún tipo de cáncer). Los individuos de alta susceptibilidad (adultos mayores de 75 años y padeciendo alguna enfermedad) presentaron los mayores riesgos con valores de probabilidad (por porción consumida) promedio inferiores a  $10^{-6}$ .

4.- Independientemente del embutido evaluado, hay una probabilidad que fluctúa (dependiendo de la subpoblación de riesgo considerada) entre el 85% y 90% de que no se produzca ningún caso de listeriosis. Considerando solamente los embutidos que emplean cultivos iniciadores, en el 99% de los escenarios evaluados no se estimaron casos de listeriosis.

5.- El principal factor asociado con la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis fue el uso de cultivos iniciadores (bacterias ácido lácticas) en la elaboración de los embutidos. En términos generales, usar cultivos iniciadores reduce el riesgo en al menos tres órdenes de magnitud en comparación con la no aplicación de los mismos.

6.- El pH alcanzado por la masa cárnica durante la fase de fermentación del embutido fue el factor de proceso que más impacto generó sobre la probabilidad de que el producto generado cause listeriosis en los consumidores. Si bien los diferentes tipos de embutidos presentan particularidades, si el pH del embutido al final de la fermentación alcanza valores inferiores a 5,1 el microorganismo tendrá una reducida capacidad para desarrollarse.

7.- El  $a_w$  alcanzado por los embutidos luego del período de maduración fue otro de los parámetros relevantes a la hora de explicar el riesgo de listeriosis. Si bien cada producto presenta particularidades, es posible reconocer que cuando el embutido alcanza niveles de  $a_w$  inferiores a 0,93 genera un ambiente poco propicio para el desarrollo de *L. monocytogenes*.

8.- Si en la elaboración de embutidos secos se adicionan cultivos lácticos y se respetan los tiempos y temperaturas de elaboración, la microflora benéfica se desarrollará, generando efectos deletéreos sobre los microorganismos patógenos (entre ellos *L. monocytogenes*) por diferentes vías, entre las que se encuentra la competencia por nutrientes y la producción de ácido láctico. A su vez el ácido láctico generará un efecto bactericida sobre los microorganismos alterantes y patógenos y colaborará en la reducción de la  $a_w$  al generar un descenso del pH y propiciar las interacciones proteína-proteína. Toda esta secuencia de eventos le daría a estos productos una adecuada estabilidad microbiológica.

9.- Resulta razonable suponer que el control del proceso de producción (calidad microbiológica de la materia prima, tiempo, temperatura, descenso del pH y  $a_w$ ) ofrecería una adecuada seguridad sobre los productos embutidos secos. Estos factores ya han sido identificados en estudios científicos previos (Buchanan *et al.*, 2017; Skandanis & Nychas, 2007; Ingham *et al.*, 2004; Encinas *et al.*, 1999), quienes recomendaron que para la inactivación de *L. monocytogenes* en embutidos es fundamental que se adicionaran cultivos iniciadores y controlar el descenso del pH y  $a_w$  del embutido.

### **Resultados del modelo cuantitativo de riesgos para salazones crudas**

Luego de realizadas las corridas del modelo, se presentan a continuación los resultados, para cada tipo de salazón, correspondientes a la probabilidad de que los consumidores sufran listeriosis por consumir salazones crudas y el número de personas enfermas que se podrían esperar para cada una de las subpoblaciones de riesgo. En las diferentes tablas se usa, como estimador de tendencia central a la mediana y como estimadores de dispersión los percentiles 5% y 95% dado que en todos los casos las distribuciones resultantes están muy sesgadas y la media es un estimador que es traccionado (sesgado) por los valores extremos de las distribuciones.

#### Panceta

Inicialmente se procedió a estimar la probabilidad de que el consumo de estos productos derive en casos de listeriosis en función de las diferentes subpoblaciones de riesgo (Tabla 18).

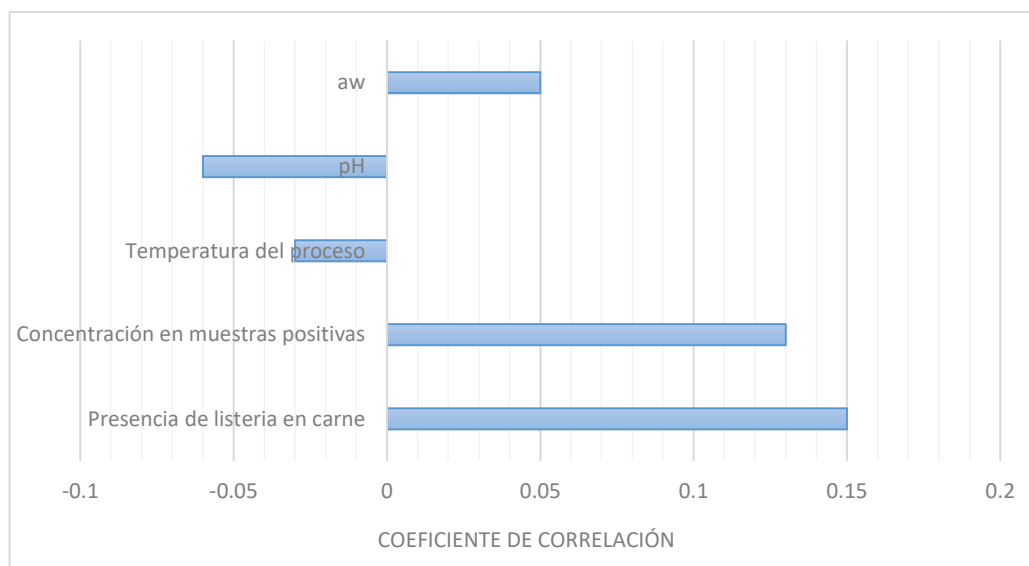
Como puede observarse, las probabilidades de enfermar son, independientemente de la subpoblación en riesgo que se considere, extremadamente bajas. Teniendo en cuenta la frecuencia de consumo de estos productos por parte de la población nacional y el tamaño de las porciones consumidas, se estima que el número de potenciales afectados de listeriosis debido al consumo de panceta es prácticamente cero. Similares resultados fueron reportados por otras evaluaciones de riesgos realizadas a nivel internacional (Giovannini *et al.*, 2007).

Tabla 18: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de panceta

| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |             |             | Casos esperados |     |
|------------------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|-----------------|-----|
|                                                | Mediana                  | 5%          | 95%         | Mediana         | 95% |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $<10^{-12}$ | 0               | 0   |
| >65 años                                       | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $<10^{-11}$ | 0               | 0   |
| Embarazadas                                    | $<10^{-13}$              | $<10^{-13}$ | $<10^{-10}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $<10^{-8}$  | 0               | 0   |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-10}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-10}$ | 0               | 0   |
| Trasplantados                                  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-10}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $<10^{-9}$  | 0               | 0   |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-14}$              | $<10^{-14}$ | $<10^{-11}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-15}$              | $<10^{-15}$ | $<10^{-13}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-16}$              | $<10^{-16}$ | $<10^{-13}$ | 0               | 0   |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$  | $<10^{-5}$  | 0               | 0   |

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para los estimadores de probabilidad de adquirir listeriosis en todas las subpoblaciones de riesgo, la variable con mayor coeficiente de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r>0,99$ ). Realizando a su vez un análisis de sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 10.

Figura 10: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, la variable más sensible en el modelo es la prevalencia de *L. monocytogenes* en la materia prima (correlación positiva), seguida por la concentración del patógeno en las mismas.

Dentro de los parámetros de proceso, tanto el  $a_w$  como el pH que alcanza esta salazón durante su elaboración fueron otras de las variables que tuvieron un gran impacto en la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis. En la tabla 19 se puede observar cómo varió esa probabilidad a lo largo de un gradiente de  $a_w$  (correlación positiva), observándose que, a medida que la actividad de agua de la salazón descende, también lo hace la probabilidad de enfermar. Cuando la panceta alcanza valores de  $a_w \leq 0,925$  el riesgo de infección es 4,5 veces inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante el salado.

Tabla 19: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por la panceta durante la salazón.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |             |                       |
|-------|--------------------------|-------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%          | 95%                   |
| 0,85  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $1,69 \times 10^{-8}$ |
| 0,875 | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $2,59 \times 10^{-8}$ |
| 0,90  | $<10^{-12}$              | $<10^{-12}$ | $7,59 \times 10^{-8}$ |
| 0,925 | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $1,63 \times 10^{-7}$ |
| 0,95  | $<10^{-11}$              | $<10^{-11}$ | $3,52 \times 10^{-7}$ |

La temperatura a la cual se realiza el proceso de salado fue otro de los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. No obstante, el rango de variación de temperatura del proceso es baja y por lo tanto reducida la influencia de este parámetro como factor de variabilidad de proceso.

Son muy pocos los datos existentes en nuestro país que permitan validar el modelo. Este es el aspecto más limitante de esta evaluación de riesgos. La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que una salazón como la panceta tiene un riesgo menor al 1% de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de producto. Sería de gran interés confirmar si las estimaciones arrojadas por esta evaluación de riesgos concuerdan con datos obtenidos a nivel de control bromatológico y, de esta forma, poder concluir que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

### Bondiola

La segunda salazón considerada como ejemplo en esta evaluación de riesgos fue la bondiola. Inicialmente se procedió a estimar la probabilidad de que el consumo de estos productos derive en casos de listeriosis en función de las diferentes subpoblaciones de riesgo (Tabla 20).

Tabla 20: Probabilidad de enfermar y número de casos esperados de listeriosis por consumo de bondiola

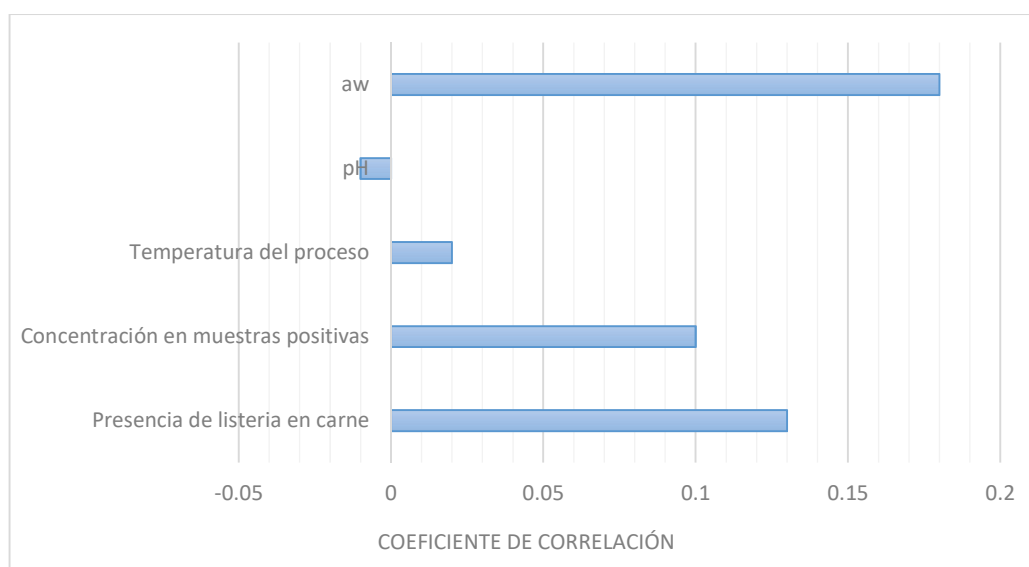
| Subpoblación de riesgo                         | Probabilidad de enfermar |            |            | Casos esperados |     |
|------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------|-----------------|-----|
|                                                | Mediana                  | 5%         | 95%        | Mediana         | 95% |
| <65 años sanos                                 | $<10^{-9}$               | $<10^{-9}$ | $<10^{-6}$ | 0               | 0   |
| >65 años                                       | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-4}$ | 0               | 0   |
| Embarazadas                                    | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con cáncer no-hematológico           | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con cáncer hematológico              | $<10^{-6}$               | $<10^{-6}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades renales o hepáticas | $<10^{-5}$               | $<10^{-5}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Trasplantados                                  | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades infecciosas         | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-4}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con HIV                              | $<10^{-7}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-3}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con diabetes tipo I y II             | $<10^{-9}$               | $<10^{-7}$ | $<10^{-5}$ | 0               | 0   |
| Pacientes con enfermedades cardíacas           | $<10^{-8}$               | $<10^{-8}$ | $<10^{-5}$ | 0               | 0   |
| Pacientes altamente susceptibles               | $<10^{-4}$               | $<10^{-4}$ | $<10^{-2}$ | 0               | 0   |

Como puede observarse, las probabilidades de enfermar son, independientemente de la subpoblación en riesgo que se considere, extremadamente bajas. Teniendo en cuenta la frecuencia de consumo de estos productos por parte de la población nacional y el tamaño de las porciones consumidas, se estima que el número de potenciales afectados de listeriosis debido al consumo de panceta es prácticamente cero.

Cuando se realizó el análisis de sensibilidad para los estimadores de probabilidad de adquirir listeriosis en todas las subpoblaciones de riesgo, la variable con mayor coeficiente

de correlación fue la concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo ( $r>0,99$ ). Realizando a su vez un análisis de sensibilidad sobre la variable concentración de *L. monocytogenes* antes del consumo, las principales variables asociadas se presentan en la Figura 11.

Figura 11: Análisis de sensibilidad



Como puede observarse, el parámetro de proceso que tuvo mayor impacto en el riesgo de listeriosis por consumo de bondiola fue el  $a_w$  alcanzado por el producto durante el salado (correlación positiva). Si bien el pH de la salazón estuvo asociado con el riesgo de enfermar, su impacto fue significativamente menos relevante que el  $a_w$ . En la tabla 21 se puede observar cómo varió esa probabilidad a lo largo de un gradiente de  $a_w$ , observándose que, a medida que la actividad de agua de la salazón desciende, también lo hace la probabilidad de enfermar. Cuando la panceta alcanza valores de  $a_w \leq 0,93$  el riesgo de infección presenta 4,5 órdenes de magnitud inferior en comparación con un embutido que no logró reducir su agua disponible durante el salado.

Tabla 21: Variación de la probabilidad de que las mujeres embarazadas sufran listeriosis en función del  $a_w$  alcanzado por la panceta durante la salazón.

| $a_w$ | Probabilidad de enfermar |             |                       |
|-------|--------------------------|-------------|-----------------------|
|       | Mediana                  | 5%          | 95%                   |
| 0,875 | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $<10^{-10}$           |
| 0,89  | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $<10^{-10}$           |
| 0,91  | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $<10^{-10}$           |
| 0,93  | $<10^{-10}$              | $<10^{-10}$ | $2,46 \times 10^{-9}$ |
| 0,95  | $<10^{-5}$               | $<10^{-5}$  | $2,9 \times 10^{-4}$  |

Otras variables sensibles en el modelo fueron la prevalencia de *L. monocytogenes* en la materia prima y la concentración del patógeno en las mismas.

La temperatura a la cual se realiza el proceso de salado fue otro de los factores que más impacto tuvieron sobre la probabilidad de que una persona sufra listeriosis. No obstante, el rango de variación de temperatura del proceso es baja y por lo tanto reducida la influencia de este parámetro como factor de variabilidad de proceso.

Son muy pocos los datos existentes en nuestro país que permitan validar el modelo. Este es el aspecto más limitante de esta evaluación de riesgos. La presente evaluación cuantitativa de riesgos arrojó que una salazón como la bondiola tiene un riesgo menor al 1% de dar resultados positivos para *L. monocytogenes* en 25 g de producto. Sería de gran interés confirmar si las estimaciones arrojadas por esta evaluación de riesgos concuerdan con datos obtenidos a nivel de control bromatológico y, de esta forma, poder concluir que el modelo es válido y refleja los principales aspectos del proceso a modelar.

### Síntesis de la evaluación cuantitativa de riesgos de listeriosis por consumo de salazones crudas

1. Los modelos probabilísticos desarrollados para las dos salazones crudas (panceta y bondiola) no pudieron ser validadas considerando la ausencia de datos a nivel nacional sobre la presencia de *L. monocytogenes* en salazones. En la actualidad,

la legislación nacional establece para estos productos la ausencia de *L. monocytogenes* en 25 g. Los modelos cuantitativos de riesgos que fueron desarrollados estiman una prevalencia de salazones que no cumplirían con las especificaciones de la legislación nacional <1%. A nivel internacional se considera que estos productos son eminentemente auto-estables y que el proceso de producción de salazones ofrecería un adecuado nivel de seguridad.

2. Teniendo en cuenta la frecuencia de consumo de estos productos por parte de la población nacional y el tamaño de las porciones consumidas, se estima que el número de potenciales afectados de listeriosis debido al consumo de salazones crudas es prácticamente cero. Otras evaluaciones de riesgo (Giovannini et al., 2007) y estudios experimentales (Martuscelli et al., 2015; Reynolds et al., 2001) realizados a nivel internacional arrojaron valores de riesgo de listeriosis similares, usualmente inferiores a  $10^{-12}$ .
3. Independientemente de la salazón analizada, la evaluación de riesgos estimó que la probabilidad de que no se produzca ningún caso de listeriosis por año en nuestro país es superior al 99%, sin importar la subpoblación de riesgo considerada.
4. El nivel de  $a_w$  alcanzado por la salazón durante la etapa de salado, así como el estricto control de la temperatura del proceso son los factores más relevantes que inciden sobre el riesgo de listeriosis por consumo de estos productos.

## CONCLUSIONES FINALES

### A) **Limitaciones** de los modelos cuantitativos de riesgos:

- Se cuenta con pocos datos sobre la prevalencia y concentración de *L. monocytogenes* en carne porcina en nuestro país.
- La prevalencia empleada en estos modelos surge de un estudio realizado en Argentina y los valores alcanzados son similares a los reportados por otros estudios a nivel mundial, lo que hace pensar que dicha variable presenta baja incertidumbre.
- Para el caso del nivel del patógeno en carne porcina y bovina, no se identificaron estudios o reportes nacionales que la hayan estimado. En la presente evaluación se decidió adoptar una posición conservadora al emplear los resultados sobre concentración de microorganismos aerobios totales en carnes para reemplazar los datos faltantes de concentración de *L. monocytogenes*. De esta forma la incertidumbre sobre este parámetro es elevada y si bien ha sido identificada como una variable sensible en el modelo, esta evaluación se basó en datos que seguramente sobrestiman el verdadero valor del parámetro a modelar.
- En el riesgo de listeriosis derivado del consumo de embutidos, el uso de cultivos iniciadores (*starters*) fue el factor más sensible del modelo. Se desconoce qué proporción de los embutidos comercializados en nuestro país emplean este recurso tecnológico, siendo otra variable con elevada incertidumbre. Para evaluar el impacto de esta variable, se realizaron evaluaciones individuales para estimar el riesgo según su empleo, lo que permitió desacoplar la incertidumbre presente y evaluar con más precisión los riesgos asociados a cada tecnología.
- Un factor relevante en la estimación del riesgo de listeriosis es la proporción de individuos que componen cada una de las subpoblaciones de riesgo. La incertidumbre presente en cada una de ellas no es uniforme, pero el modelo realizado permitió ajustar la probabilidad a nivel de cada subpoblación de riesgo y luego estimó el número de casos que se podrían presentar en función de la participación relativa de cada subpoblación en la población general de nuestro país. Consideramos que esta aproximación redujo significativamente la incertidumbre asociada con estas variables.
- La validación de los modelos de riesgos es un aspecto central y muy complejo cuando es reducida la cantidad de datos existentes para realizarla. Tanto a nivel nacional como dentro de cada jurisdicción provincial, son limitados los análisis

realizados a embutidos y salazones en búsqueda de *L. monocytogenes*. No obstante, el modelo realizado ajustó razonablemente bien a los datos existentes a nivel nacional y fue concordante con la información reportada a nivel internacional sobre la prevalencia y concentración de este patógeno en productos listos para consumir.

B) Principales **conclusiones** derivadas de la evaluación cuantitativa de riesgos

- El riesgo de listeriosis asociado al consumo de embutidos es muy bajo, mientras que por consumo de salazones es insignificante.
- Se identificaron parámetros del proceso de producción de embutidos y salazones que deben monitorearse para lograr que los productos sean microbiológicamente seguros. Para el caso de los embutidos, el empleo de cultivos iniciadores, el valor de pH alcanzado por la masa cárnica durante la fermentación y el nivel de  $a_w$  logrado durante la maduración, son los aspectos centrales a controlar. Para el caso de las salazones, el nivel de  $a_w$  alcanzado durante el salado resulta el factor clave para garantizar la seguridad de los productos.
- El criterio microbiológico que establece para *L. monocytogenes* nuestra legislación indica que el mismo debe estar ausente en 25 g de producto. Considerando la frecuencia de consumo y el tamaño de las porciones consumidas en nuestro país, elevar el punto de corte a  $<100$  UFC/g de producto (como lo establecen otras legislaciones a nivel mundial) no impactaría en el nivel de seguridad esperado.
- Nuestro país debe mejorar su sistema de vigilancia epidemiológica tanto para productos listos para consumir (incluyendo embutidos y salazones) como para casos clínicos humanos.
- Como toda evaluación de riesgos, la presente es susceptible a ser modificada y re-evaluada si se presentan nuevas evidencias e información relevante.

### Referencias

- Listeriosis. En: Heymann DL (Editor). Control of Communicable Diseases Manual. 19 Edición. Washington: American Public Health Association, 2008, p357-361.
- Human *Listeria monocytogenes* infections in Europe - an opportunity for improved European surveillance. J Denny, J McLauchlin. Eurosurveillance Vol 13:13, 27-05-2008.
- Anderson, M.E.; Marshall, R.T.; Dickson, J.S. 1991. Estimating depths of bacterial penetration into post-rigor carcass tissue during washing. Journal of Food Safety, 12: 191-198.
- Bohaychuk, V.M.; Gensler, G.E.; Barrios, P.R. 2011. Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. Canadian Veterinary Journal, 52:1095-1100.
- Borges, M.F.; de Siqueira, R.S.; Bittencourt, A.M.; Vanetti, M.C.D.; Gomide, I.A.A. 1999. Occurrence of *Listeria monocytogenes* in salami. Revista de Microbiologia, 30:362–364.
- Buchanan, R.L.; Phillips, J.G. 1990. Response surface model for predicting the effects of temperature, pH, sodium chloride content, sodium nitrite concentration and atmosphere on the growth of *Listeria monocytogenes*. Journal of Food Protection, 53:370-376.
- Buchanan, R.L.; Golden, M.H.; Phillips, J.G. 1997. Expanded models for the non-thermal inactivation of *Listeria monocytogenes*. Journal of Applied Microbiology, 82:567-577.
- Buchanan, R.L.; Gorris, L.G.M.; Hayman, M.M.; Jackson, T.C.; Whiting, R.C. 2017. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. Food Control, 75:1-13.
- Coroller, L.; Kan-King-Yu, D.; Leguerinel, I.; Mafart, P.; Membré, J.M. 2012. Modelling of growth, growth/no-growth interface and non-thermal inactivation areas of *Listeria* in foods. International Journal of Food Microbiology, 152:139-152.
- Crowley, K.M.; Prendergast, D.M.; McDowell, D.A.; Sheridan, J.J. 2009. Changes in *Escherichia coli* O157:H7 numbers during holding on excised lean, fascia and fat

- beef surfaces at different temperatures. *Journal of Applied Microbiology*, 107: 1542-1550.
- Dourou, D.; Porto-Fett, A.C.S.; Shoyer, B.; Call, J.E.; Nychas, G.J.E.; Illg, E.K.; Luchansky, J.B. 2009. Behavior of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* Typhimurium in teewurst, a raw spreadable sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 130:245-250.
- Duffy, L.L.; Vanderlinde, P.B.; Grau, F.H. 1994. Growth of *Listeria monocytogenes* on vacuum-packed cooked meats: effects of pH,  $a_w$ , nitrite and ascorbate. *International Journal of Food Microbiology*, 23:377-390.
- Encinas, J.P.; Sanz, J.J.; Garcia-Lopez, M.L.; Otero, A. 1999. Behavior of *Listeria* spp. in naturally contaminated chorizo (Spanish fermented sausage). *International Journal of Food Microbiology*, 46:167–171.
- Fontana, C.; Cocconcelli, P.S.; Vignolo, G. 2005. Monitoring the bacterial population dynamics during fermentation of artisanal Argentinean sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 103:131-142.
- Giovannini, A.; Migliorati, G.; Prencipe, V.; Calderone, D.; Zuccolo, C.; Cozzolino, P. 2007. Risk assessment for listeriosis in consumers of Parma and San Daniele hams. *Food Control*, 18:789–799.
- Ingham, S.C.; Buese, D.R.; Dropp, B.K.; Losinski, J.A. 2004. Survival of *Listeria monocytogenes* during storage of ready-to-eat meat products processed by drying, fermentation, and/or smoking. *Journal of Food Protection*, 67:2698–2702.
- Leotta, G.A.; Brusa, V.; Galli, L.; Adriani, C.; Linares, L.; Etcheverría, A.; Sanz, M.; Sucari, A.; Peral García, P.; Signorini, M. 2016. Comprehensive Evaluation and Implementation of Improvement Actions in Butcher Shops. *PLoS ONE* 11(9): e0162635. doi:10.1371/journal.pone.0162635.
- Martuscelli, M.; Lupieri, L.; Chaves-Lopez, C.; Mastrocola, D.; Pittia, P. 2015. Technological approach to reduce NaCl content of traditional smoked dry-cured hams: effect on quality properties and stability. *Journal of Food Science and Technology*, 52:7771–7782.

- Mataragas, M.; Drosinos, E.H.; Siana, P.; Skandamis, P.; Metaxopoulos, I. 2006. Determination of the growth limits and kinetic behavior of *Listeria monocytogenes*. Journal of Food Protection, 69:1312-1321.
- Mataragas, M.; Rantsiou, K.; Alessandria, V.; Cocolin, L. 2015. Estimating the non-thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* in fermented sausages relative to temperature, pH and water activity. Meat Science, 100:171-178.
- McLauchlin, J.; Mitchell, R.T.; Smerdon, W.J.; Jewell, K. 2004. *Listeria monocytogenes* and listeriosis: a review of hazard characterization for use in microbiological risk assessment of foods. International Journal of Food Microbiology, 92:15-33.
- Ockerman, H.W. 1969. Quality control of post-mortem muscle tissue. Vol.4. Microbiology. The Ohio State University, OSU. Available at OSU Knowledge bank: <https://kb.osu.edu/dspace/items-by-author?author=Ockerman%2C+Herbert+W.>
- Palmieri, O.; Prieto, M.; Callejo, R. 2007. Diversidad clonal y polimorfismo de genes de virulencia de aislamientos de *Listeria monocytogenes* en Argentina. Anales de la Fundación Alberto J. Roemmers. Vol XVIII: 287-304.
- Pérez-Álvarez, J.A. 2006. Aspectos tecnológicos de los productos crudo-curados. En Hui, Y.H.; Guerrero, I.; Rosmini, M.R. Ciencia y Tecnología de Carnes. Ed. Limusa, México D.F. (México), pp: 463-492.
- Pohl, A.M.; Pouillot, R.; Van Doren, J.M. 2017. Changing US population demographics: What does this means for Listeriosis incidence and exposure? Foodborne Pathogens and Disease, 14:524-530.
- Pouillot, R.; Hoelzer, K.; Chen, Y.; Dennis, S.B. 2015. *Listeria monocytogenes* dose response revisited-Incorporating adjustments for variability in strain virulence and host susceptibility. Risk Analysis, 35:90-108.
- Pouillot, R.; Klontz, K.C.; Chen, Y.; Burall, L.S.; Macarisin, D.; Doyle, M.; Bally, K.M.; Strain, E.; Datta, A.R.; Hammack, T.S.; Van Doren, J.M. 2016. Infectious dose of *Listeria monocytogenes* in outbreak linked to ice cream, United States, 2015. Emerging Infectious Diseases, 22:2113-2119.

- Pragalaki, T.; Bloukas, J.F.; Kotzekidou, P. 2013. Inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in liquid broth medium and during processing of fermented sausage using autochthonous starter cultures. *Meat Science*, 95:458-464.
- Polese, P.; Del Torre, M.; Stecchini, M.L. 2017. Prediction of the impact of processing critical conditions for *Listeria monocytogenes* growth in artisanal dry-fermented sausages (salami) through a growth/no growth model applicable to time-dependent conditions. *Food Control*, 75: 167-180.
- Prieto, M.; Martínez, C.; Aguerre, L.; Rocca, M.F.; Cipolla, L.; Callejo, R. 2016. Antibiotic susceptibility of *Listeria monocytogenes* in Argentina. *Enferm Infecc Microbiol Clin*, 34:91-5. DOI: 10.1016/j.eimc.2015.03.007. PMID: 25976753.
- Prieto, M.; Martínez, C.; Epszteyn, S.; Armitano, R.; Cipolla, L.; Aguerre, L.; Rocca, M.F. 2017. Subtipificación de aislamientos de *Listeria monocytogenes* de muestras clínicas y de alimentos listos para el consumo en Argentina durante 2016. XVII Congreso SADI 2017, Actualizaciones en Sida e Infectología, 25 (1): 77.
- Prieto, M.; Martínez, C.; Aguerre, L.; Rocca, M.F.; Cipolla, L.; Armitano, R. 2015. Subtipificación de aislamientos de *Listeria monocytogenes* de muestras clínicas y de alimentos listos para el consumo en Argentina durante 2015. XIV Congreso Argentino de Microbiología, ALAM-AAM, 26 al 30 setiembre de 2016, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Prieto, M.; Martínez, C.; Aguerre, L.; Rocca, F.; Cipolla, L.; Callejo, R. 2012. Serotipos de *Listeria monocytogenes* en casos humanos y alimentos circulantes en Argentina. XI Congreso Latinoamericano de Microbiología e Higiene de Alimentos, IV Congreso Argentino de Microbiología de Alimentos y el III Simposio Argentino de Conservación de Alimentos. MICROAL 2012, 26 al 29 de noviembre, 2012. Buenos Aires, Argentina.
- Reynolds, A.E.; Harrison, M.A.; Rose-Morrow, R.; Lyon, C.E. 2001. Validation of dry cured ham process for control of pathogens. *Journal of Food Science*, 66:1373–1379.
- Rodríguez, R. 1990. Effect of lactic acid and nisin during the attachment of spoilage bacteria to sterile beef muscle tissue. MSc Thesis. The Ohio State University, Graduate School. Columbus, OH, USA.

- Signorini, M.L. & Tarabla, H.D. 2009. Quantitative risk assessment for Verocytotoxigenic *Escherichia coli* in ground beef hamburgers in Argentina. *International Journal of Food Microbiology*, 132:153-161.
- Silins, I. 2014. The effects of pH,  $a_w$ , and lactic acid bacteria on *Listeria monocytogenes* in fermented sausages. 9<sup>th</sup> Baltic Conference on Food Science and Technology (Foodbalt), Jelgava, Lituania, 8-9 de mayo de 2014: 55-60.
- Skandamis, P. & Nychas, G.J. 2007. Pathogens: Risks and Control. In: Toldrá, F. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ed. Blackwell Publishing, Oxford (Inglaterra), pp. 426-454.
- Työppönen, S.; Markkula, A.; Petaja, E.; Suihko, M.L.; Mattila-Sandholm, T. 2003- Survival of *Listeria monocytogenes* in North European type dry sausages fermented by bioprotective meat starter cultures. *Food Control*, 14:181-185.
- Zdolec, N.; Kozacinsky, L.; Hadziosmanovic, M.; Cvrtila, Z.; Filipovic, I. 2007. Inhibition of *Listeria monocytogenes* growth in dry fermented sausages. *Veterinarski archive*, 77:507-514.

## ANEXO I

## Detalle del modelo cuantitativo de riesgos en EMBUTIDOS SECOS

| Variable                                                                      | Símbolo     | Unidad       | Fórmula / Distribución                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prevalencia de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda                         | $P_{Lm}$    | Prevalencia  | $\sim \text{Beta}(79+1, 355-79+1)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en muestras positivas de carne cruda | $C_{LmM+}$  | LogUFC/g     | $\sim \text{Uniforme}(-1, 4; 3)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en muestras negativas de carne cruda | $C_{LmM-}$  | LogUFC/g     | $\sim \text{Uniforme}(-3; -1, 4)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante la fermentación    | $P_{Lmfer}$ | Probabilidad | $\varphi * (T_f - T_{min}) * (pH_f - pH_{min}) * (a_{wf} - a_{wmin}) * \left(1 - \frac{ULAC_f}{U_{min}}\right) * \left(1 - \frac{NL_m + NBAL_f}{N_{cpdBAL}}\right)$ <p>Donde:</p> <p><math>\varphi</math>= factor de normalización= 0,73</p> <p><math>T_{min}</math>= Temperatura mínima de crecimiento= -0,4 °C</p> <p><math>pH_{min}</math>= pH mínimo de crecimiento= 4,4</p> <p><math>a_{wmin}</math>= <math>a_w</math> mínimo de crecimiento= 0,92</p> <p><math>U_{min}</math>= ácido láctico mínimo= 5,4 mM</p> <p><math>N_{Lm}</math>= Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al inicio de la fermentación (<math>C_{LmM+}</math> o <math>C_{LmM-}</math>)</p> <p><math>N_{cpdBAL}</math>= Concentración crítica de bacterias lácticas= 100.000.000 UFC/g</p> |
| Uso de cultivos iniciadores                                                   | $U_{soCI}$  | Probabilidad | Se consideró, ante la falta de información, que el 50% de los embutidos son                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                        |                     |       |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|---------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |                     |       | adicionados con cultivos iniciadores (bacterias ácido lácticas-BAL-)                                                                                                                                                                          |
| Tiempo de la etapa de fermentación     | Tiempo <sub>f</sub> | horas | <p>Si adicionan BAL</p> <p>45 mm~Uniforme(24;28)</p> <p>55 mm~Pert(24;48;60)</p> <p>90 mm~Pert(40;48;72)</p> <p>100 mm~Uniforme(48;60)</p> <p>Si no adicionan BAL ~Uniforme(72;120)</p>                                                       |
| Temperatura durante la fermentación    | T <sub>f</sub>      | °C    | <p>Si adicionan BAL</p> <p>45 mm~Uniforme(20;23)</p> <p>55 mm~Uniforme(23;25)</p> <p>90 mm~Uniforme(20;23)</p> <p>100 mm~Uniforme(24;26)</p> <p>Si no adicionan BAL~Uniforme(20;35)</p>                                                       |
| pH durante la fermentación             | pH <sub>f</sub>     |       | <p>Si adicionan BAL</p> <p>45 mm~Uniforme(5,14;5,48)</p> <p>55 mm~Pert(4,79;5,31;5,92)</p> <p>90 mm~Pert(5,28;5,72;5,82)</p> <p>100 mm~Pert(4,7;4,74;5,6)</p> <p>Si no adicionan BAL ~Uniforme(5,1;6,1)</p>                                   |
| a <sub>w</sub> durante la fermentación | a <sub>wf</sub>     |       | <p>Si adicionan BAL</p> <p>45 mm~Pert(0,928;0,931;0,937)</p> <p>55 mm~Uniforme(0,9471;0,9687)</p> <p>90 mm~Pert(0,929;0,935;0,939)</p> <p>100 mm~Uniforme(0,9626;0,9654)</p> <p>Si no adicionan BAL= 0,0077 * Tiempo<sub>f</sub> + 0,9645</p> |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                                 |                     |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ácido láctico no disociado durante la fermentación                              | $U_{LACf}$          | Mm           | Si adicionan BAL= ~Uniforme(70;90) / (1+ 10 <sup>pH<sub>f</sub>-3,86</sup> )<br>Si no adicionan BAL= Uniforme(20;40) / (1+ 10 <sup>pH<sub>f</sub>-3,86</sup> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Bacterias ácido lácticas durante la fermentación                                | $N_{BALf}$          | UFC/g        | Si adicionan BAL= 10 <sup>(0,5773 * Tiempo<sub>f</sub> + 6,4226)</sup><br>Si no adicionan BAL= 10 <sup>(0,549 * Tiempo<sub>f</sub> + 3,6273)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al final de la fermentación            | $C_{Lmf}$           | UFC/g        | Si $P_{Lmfer} \geq 0,1$<br>si Tiempo <sub>f</sub> ≤ λ; entonces $C_{Lmf} = N_{Lmf}$<br>si Tiempo <sub>f</sub> > λ; entonces= min( $N_{Lmf} + \mu_{max} * \text{Tiempo}_f - \lambda$ ); $N_{max}$<br>Donde:<br>$\mu_{max} = \mu_{maxref} * \left( \frac{(T_f - T_{min})^2}{(T_{ref} - T_{min})^2} \right) * \left( \frac{(pH_f - pH_{min})}{(pH_{ref} - pH_{min})} \right) * \left( \frac{(a_{wf} - a_{wmin})}{(a_{wref} - a_{wmin})} \right) * \frac{(1 - U_{LACf})}{U_{min}} * \left( 1 - \frac{N_{Lm} + N_{BALf}}{N_{cpdBAL}} \right)$<br>Donde:<br>$\mu_{maxref} = 0,181$<br>$T_{ref}$ = Temperatura de referencia= 20°C<br>$pH_{ref}$ = pH de referencia= 6,0<br>$a_{wref}$ = a <sub>w</sub> de referencia= 0,99<br>$\lambda$ = fase de latencia = $\frac{3 * \log(2)}{\mu_{max}}$<br>$N_{max}$ = Número máximo de <i>L. monocytogenes</i> = 8 logUFC/g<br>Si $P_{Lmfer} < 0,1$<br>$C_{Lmf} = 10^{(\log N_{Lmf} - (0,7096 * pH_f - 1,6976))}$ |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante el secado/maduración | $P_{Lms}$           | Probabilidad | $\varphi * (T_s - T_{min}) * (pH_s - pH_{min}) * (a_{ws} - a_{wmin}) * \left( 1 - \frac{U_{LACs}}{U_{min}} \right) * \left( 1 - \frac{C_{Lms} + N_{BALs}}{N_{cpdBAL}} \right)$<br>Donde:<br>$C_{Lms}$ = Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al inicio del secado/fermentación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Tiempo de la etapa de                                                           | Tiempo <sub>s</sub> | horas        | 45 mm~Uniforme(198;480)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                          |               |                    |                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| secado/maduración                                        |               |                    | 55 mm~Uniforme(360;504)<br>90 mm~Uniforme(348;504)<br>100 mm~Uniforme(240;360)                                                                                                                   |
| Temperatura de la etapa de secado/maduración             | $T_s$         | $^{\circ}\text{C}$ | Si adicionan BAL<br>45 mm~Uniforme(12;16)<br>55 mm~Pert(17;20;22)<br>90 mm~Uniforme(12;16)<br>100 mm~Uniforme(16;18)<br>Si no adicionan BAL ~Uniforme(15;20)                                     |
| pH durante el secado/maduración                          | $\text{pH}_s$ |                    | Si adicionan BAL<br>45 mm~Pert(4,88;4,93;5,14)<br>55 mm~Pert(4,79;4,89;4,97)<br>90 mm~Pert(4,5;4,83;5,28)<br>100 mm~Pert(4,7;4,72;4,74)<br>Si no adicionan BAL~Uniforme(4,9;5,3)                 |
| $a_w$ durante el secado/maduración                       | $a_{ws}$      |                    | Si adicionan BAL<br>45 mm~Pert(0,929;0,932;0,936)<br>55 mm~Uniforme(0,9471;0,9687)<br>90 mm~Pert(0,919;0,931;0,938)<br>100 mm~Uniforme(0,9549;0,9626)<br>Si no adicionan BAL~Uniforme(0,92;0,94) |
| Ácido láctico no dissociado durante el secado/maduración | $U_{LACs}$    | mM                 | = $U_{LACf}$                                                                                                                                                                                     |
| Bacterias ácido lácticas durante el secado/maduración    | $N_{BALs}$    | UFC/g              | ~Uniforme( $N_{BALf}$ ; 100000000)                                                                                                                                                               |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                                               |               |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al final del secado/maduración                       | $C_{Lms}$     | UFC/g        | <p>Si <math>P_{Lms} \geq 0,1</math><br/> si <math>Tiempo_s \leq \lambda</math>; entonces <math>C_{Lms} = C_{Lmf}</math><br/> si <math>Tiempo_s &gt; \lambda</math>; entonces <math>= \min(C_{Lmf} + \mu_{max} * Tiempo_s - \lambda); N_{max}</math><br/> Donde:<br/> <math display="block">\mu_{max} = \mu_{maxref} * \left( \frac{(Ts - Tmin)^2}{(Tref - Tmin)^2} \right) * \left( \frac{(pHfs - pHmin)}{(pHref - pHmin)} \right) * \left( \frac{(aws - awmin)}{(awref - awmin)} \right) * \frac{(1 - ULACs)}{Umin} * \left( 1 - \frac{NLm + NBALs}{NcpdBAL} \right)</math><br/> Si <math>P_{Lmf} &lt; 0,1</math><br/> <math display="block">C_{Lms} = 10^{(\log C_{Lmf} - (13.572 * a_{ws} + 13.311))}</math></p> |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante el almacenamiento/venta al público | $P_{Lmvp}$    | Probabilidad | $\varphi * (Tvp - Tmin) * (pHvp - pHmin) * (awvp - awmin) * \left( 1 - \frac{ULACvp}{Umin} \right) * \left( 1 - \frac{CLmv + NBALvp}{NcpdBAL} \right)$<br>Donde:<br>$C_{Lmv}$ = Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al inicio del período de almacenamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Tiempo de la etapa de almacenamiento/venta al público                                         | $Tiempo_{vp}$ | horas        | ~Uniforme(1;~Pert(720;1440;2160))                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Temperatura de la etapa de almacenamiento/venta al público                                    | $T_{vp}$      | °C           | ~Uniforme(12;25)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| pH durante el almacenamiento/venta al público                                                 | $pH_{vp}$     |              | 45 mm~Uniforme(4,7;5,0)<br>55 mm~Uniforme(4,7;4,89)<br>90 mm~Uniforme(4,7;5,0)<br>100 mm~Uniforme(4,7;4,74)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| $a_w$ durante el almacenamiento/venta al público                                              | $a_{wvp}$     |              | 45 mm~Uniforme(0,85;0,90)<br>55 mm~Uniforme(0,9177;0,9364)<br>90 mm~(0,85;0,9)<br>100 mm~Uniforme(0,85;0,90)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ácido láctico no dissociado durante el almacenamiento/venta al                                | $U_{LACvp}$   | mM           | = $U_{LACs}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                     |                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| público                                                             |                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento/venta al público | N <sub>BALvp</sub>    | UFC/g        | ~Uniforme(N <sub>BALs</sub> ;100000000)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> antes del consumo          | C <sub>Lmvp</sub>     | UFC/g        | <p>Si <math>P_{Lmvp} \geq 0,1</math><br/> si <math>Tiempo_{vp} \leq \lambda</math>; entonces <math>C_{Lmvp} = C_{Lms}</math><br/> si <math>Tiempo_s &gt; \lambda</math>; entonces <math>= \min(C_{Lms} + \mu_{max} * Tiempo_{vp} - \lambda); N_{max}</math></p> <p>Donde:<br/> <math display="block">\mu_{max} = \mu_{maxref} * \left( \frac{(T_{vp} - T_{min})^2}{(T_{ref} - T_{min})^2} \right) * \left( \frac{(pH_{vp} - pH_{min})}{(pH_{ref} - pH_{min})} \right) * \left( \frac{(aw_{vp} - aw_{min})}{(aw_{ref} - aw_{min})} \right) * \frac{(1 - ULACvp)}{U_{min}} * \left( 1 - \frac{NLm + NBALvp}{NcpdBAL} \right)</math></p> <p>Si <math>P_{Lmvp} &lt; 0,1</math><br/> ~Poisson(<math>C_{Lmvp} = 10^{(\log C_{Lms} - (13.572 * a_{wvp} + 13.311))}</math>)</p> |
| Tamaño de la porción de embutido                                    | T <sub>porción</sub>  | g            | ~LogNormal(28,9;20,6)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Dosis por porción consumida                                         | Dosis                 | UFC          | = T <sub>porción</sub> * C <sub>Lmvp</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Frecuencia de consumo                                               | F <sub>pc</sub>       | Probabilidad | Población general= 0,03161<br>Embarazadas= 0,04427                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Población nacional                                                  | Hab                   |              | 40.117.096                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Número de porciones de embutidos consumidas por año                 | Porc                  |              | (Hab * F <sub>pc</sub> ) * 365                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Caracterización del peligro o Relación Dosis-Respuesta</b>       |                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                     |                       |              | Tamaño de la población                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                     |                       |              | Riesgo asociado (r)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Menores de 65 años sanos                                            | Pob <sub>&lt;65</sub> | Número       | <p>= Hab –<br/> (Pob<sub>&gt;65</sub>+Pob<sub>emb</sub>+Pob<sub>cnh</sub>+Pob<sub>ch</sub>+Pob<sub>rh</sub>+Pob<sub>t</sub>+Pob<sub>ein</sub>+Pob<sub>HIV</sub><br/> +Pob<sub>d</sub>+Pob<sub>ec</sub>)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Mayores de 65 años sanos                                            | Pob <sub>&gt;65</sub> | Número       | <p>4104648</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                 |                     |        |                                                                                                                                                                     |                                                              |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Embarazadas                                                     | Pob <sub>emb</sub>  | Número | 771.027                                                                                                                                                             | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,7;1,62))}$                       |
| Cáncer no hematológico                                          | Pob <sub>cnh</sub>  | Número | 1.299.794                                                                                                                                                           | $10^{(\sim\text{Normal}(-12,11;1,62))}$                      |
| Cáncer hematológico                                             | Pob <sub>ch</sub>   | Número | 100.293                                                                                                                                                             | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,02;1,62))}$                      |
| Patologías renales o hepáticas                                  | Pob <sub>rh</sub>   | Número | 30.633                                                                                                                                                              | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,56;1,62))}$                      |
| Trasplantados                                                   | Pob <sub>t</sub>    | Número | 6.393                                                                                                                                                               | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,51;1,62))}$                      |
| Enfermedades inflamatorias                                      | Pob <sub>einf</sub> | Número | 75.420                                                                                                                                                              | $10^{(\sim\text{Normal}(-12,08;1,62))}$                      |
| HIV/SIDA                                                        | Pob <sub>HIV</sub>  | Número | 120.000                                                                                                                                                             | $10^{(\sim\text{Normal}(-12,19;1,62))}$                      |
| Diabetes                                                        | Pob <sub>d</sub>    | Número | 3.931.475                                                                                                                                                           | $10^{(\sim\text{Normal}(-13,13;1,62))}$                      |
| Enfermedades Cardiovasculares                                   | Pob <sub>ec</sub>   | Número | 2.647.728                                                                                                                                                           | $10^{(\sim\text{Normal}(-13,30;1,62))}$                      |
| Población altamente susceptible                                 | Pob <sub>as</sub>   | Número | =Pob <sub>cnh</sub> + Pob <sub>ch</sub> + Pob <sub>rh</sub> + Pob <sub>t</sub> + Pob <sub>einf</sub> + Pob <sub>HIV</sub> + Pob <sub>d</sub> +<br>Pob <sub>ec</sub> | $10^{(\sim\text{Normal}(\sim\text{Pert}(-6,9;-6,4;-6,19)))}$ |
| Número estimado de enfermos para cada una de las subpoblaciones | Pob                 | Número | =(Porc * (Pob / Hab)) * (1-(1 - r) <sup>Dosis</sup> )                                                                                                               |                                                              |

## ANEXO II

### Detalle del modelo cuantitativo de riesgos en SALAZONES CRUDAS

| Variable                                                                      | Símbolo     | Unidad                  | Fórmula / Distribución                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prevalencia de <i>L. monocytogenes</i> en carne cruda                         | $P_{Lm}$    | Prevalencia             | $\sim \text{Beta}(79+1, 355-79+1)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en muestras positivas de carne cruda | $C_{LmM+}$  | LogUFC/cm <sup>2</sup>  | $\sim \text{Pert}(-1, 4; \sim \text{Normal}(2, 29; 1, 17); 4, 48)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> en muestras negativas de carne cruda | $C_{LmM-}$  | LogUFC/ cm <sup>2</sup> | $\sim \text{Uniforme}(-3; -1, 4)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante el salado          | $P_{Lmsal}$ | Probabilidad            | $\varphi * (T_s - T_{\min}) * (pH_s - pH_{\min}) * (a_{ws} - a_{w\min}) * \left(1 - \frac{ULACs}{U_{\min}}\right) * \left(1 - \frac{NLm + NBALs}{N_{cpdBAL}}\right)$ <p>Donde:</p> <p><math>\varphi</math>= factor de normalización= 0,73</p> <p><math>T_{\min}</math>= Temperatura mínima de crecimiento= -0,4 °C</p> <p><math>pH_{\min}</math>= pH mínimo de crecimiento= 4,4</p> <p><math>a_{w\min}</math>= <math>a_w</math> mínimo de crecimiento= 0,92</p> <p><math>U_{\min}</math>= ácido láctico mínimo= 5,4 mM</p> |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                              |                     |                     |                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                              |                     |                     | $N_{Lm}$ = Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al inicio de la fermentación ( $C_{LmM+}$ o $C_{LmM-}$ )<br>$N_{cpdBAL}$ = Concentración crítica de bacterias lácticas= 100.000.000 UFC/g                   |
| Tiempo de la etapa de salado                                 | Tiempo <sub>s</sub> | horas               | Panceta~Uniforme(110;130)<br>Bondiola~Uniforme(156;180)                                                                                                                                                         |
| Temperatura durante el salado                                | T <sub>s</sub>      | °C                  | Panceta ~Uniforme(1;3)<br>Bondiola ~Uniforme(15;17)                                                                                                                                                             |
| pH durante el salado                                         | pH <sub>s</sub>     |                     | Panceta ~Pert(5,51;5,52;5,98)<br>Bondiola ~Pert(5,99;6,01;6,05)                                                                                                                                                 |
| a <sub>w</sub> durante el salado                             | a <sub>ws</sub>     |                     | Panceta ~Pert(0,852;0,853;0,934)<br>Bondiola ~Pert(0,875;0,902;0,942)                                                                                                                                           |
| Ácido láctico no dissociado durante el salado                | U <sub>LACs</sub>   | Mm                  | ~Uniforme(5;10) / (1+ 10 <sup>pH<sub>f</sub> - 3,86</sup> )                                                                                                                                                     |
| Bacterias ácido lácticas durante el salado                   | N <sub>BALs</sub>   | UFC/cm <sup>2</sup> | ~Uniforme(10;1000)                                                                                                                                                                                              |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al final del salado | C <sub>Lms</sub>    | UFC/cm <sup>2</sup> | Si $P_{Lms} \geq 0,1$<br>si Tiempo <sub>s</sub> ≤ λ; entonces $C_{Lms} = N_{Lms}$<br>si Tiempo <sub>s</sub> > λ; entonces= min( $N_{Lms} + \mu_{max} * \text{Tiempo}_s - \lambda$ ); N <sub>max</sub><br>Donde: |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                                                |                     |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                |                     |              | $\mu_{\max} = \mu_{\max\text{ref}} * \left( \frac{(T_s - T_{\min})^2}{(T_{\text{ref}} - T_{\min})^2} \right) * \left( \frac{(pH_s - pH_{\min})}{(pH_{\text{ref}} - pH_{\min})} \right) * \left( \frac{(a_w - a_{w\min})}{(a_{w\text{ref}} - a_{w\min})} \right) * \frac{(1 - ULAC_s)}{U_{\min}} * \left( 1 - \frac{NL_m + NBAL_s}{N_{\text{cpdBAL}}} \right)$ <p>Donde:</p> <p><math>\mu_{\max\text{ref}} = 0,181</math></p> <p><math>T_{\text{ref}} = \text{Temperatura de referencia} = 20^\circ\text{C}</math></p> <p><math>pH_{\text{ref}} = \text{pH de referencia} = 6,0</math></p> <p><math>a_{w\text{ref}} = a_w \text{ de referencia} = 0,99</math></p> <p><math>\lambda = \text{fase de latencia} = 3 * \log(2)</math></p> <p><math>\mu_{\max}</math></p> <p><math>N_{\max} = \text{Número máximo de } L. \text{ monocytogenes} = 8 \log\text{UFC/g}</math></p> <p>Si <math>P_{Lms} &lt; 0,1</math></p> <p><math>C_{Lms} = 10^{(\log CLms - (13.572 * a_{ws} + 13.311))}</math></p> |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante la maduración (solo para BONDIOLAS) | $P_{Lmm}$           | Probabilidad | $\varphi * (T_m - T_{\min}) * (pH_m - pH_{\min}) * (a_{wm} - a_{w\min}) * \left( 1 - \frac{ULAC_m}{U_{\min}} \right) * \left( 1 - \frac{CLmm + NBALm}{N_{\text{cpdBAL}}} \right)$ <p>Donde:</p> <p><math>C_{Lmm} = \text{Concentración de } L. \text{ monocytogenes} \text{ al inicio de la maduración}</math></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Tiempo de la etapa de maduración                                                               | Tiempo <sub>m</sub> | horas        | ~Uniforme(480;576)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Temperatura de la etapa de                                                                     | T <sub>m</sub>      | °C           | ~Uniforme(15;16)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                                               |                   |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| maduración                                                                                    |                   |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| pH durante la maduración                                                                      | pH <sub>m</sub>   |                     | ~Pert(5,99;6,06;6,12)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| a <sub>w</sub> durante la maduración                                                          | a <sub>wm</sub>   |                     | ~Pert(0,846;0,9105;0,928)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Ácido láctico no dissociado durante el secado/maduración                                      | U <sub>LACm</sub> | mM                  | = U <sub>LACs</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Bacterias ácido lácticas durante el secado/maduración                                         | N <sub>BALm</sub> | UFC/cm <sup>2</sup> | = N <sub>BALs</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al final de la maduración                            | C <sub>Lms</sub>  | UFC/cm <sup>2</sup> | <p>Si <math>P_{Lmm} \geq 0,1</math></p> <p>si <math>Tiempo_m \leq \lambda</math>; entonces <math>C_{Lmm} = C_{Lms}</math></p> <p>si <math>Tiempo_m &gt; \lambda</math>; entonces <math>= \min(C_{Lmm} + \mu_{max} * Tiempo_m - \lambda); N_{max}</math></p> <p>Donde:</p> $\mu_{max} = \mu_{maxref} * \left( \frac{(T_m - T_{min})^2}{(T_{ref} - T_{min})^2} \right) * \left( \frac{(pH_m - pH_{min})}{(pH_{ref} - pH_{min})} \right) * \left( \frac{(a_{wm} - a_{wmin})}{(a_{wref} - a_{wmin})} \right) * \frac{(1 - U_{LACm})}{U_{min}} * \left( 1 - \frac{N_{Lm} + N_{BALm}}{N_{cpdBAL}} \right)$ <p>Si <math>P_{Lmm} &lt; 0,1</math></p> $C_{Lmm} = 10^{(\log C_{Lmm} - (13.572 * a_{wm} + 13.311))}$ |
| Probabilidad de que <i>L. monocytogenes</i> crezca durante el almacenamiento/venta al público | P <sub>Lmvp</sub> | Probabilidad        | $\varphi * (T_{vp} - T_{min}) * (pH_{vp} - pH_{min}) * (a_{wvp} - a_{wmin}) * \left( 1 - \frac{U_{LACvp}}{U_{min}} \right) * \left( 1 - \frac{C_{Lmm} + N_{BALvp}}{N_{cpdBAL}} \right)$ <p>Donde:</p> <p><math>C_{Lmm}</math> = Concentración de <i>L. monocytogenes</i> al finalizar la maduración</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                        |                      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tiempo de la etapa de almacenamiento/venta al público                  | Tiempo <sub>vp</sub> | horas               | ~Uniforme(1;~Uniforme(5040;5760)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Temperatura de la etapa de almacenamiento/venta al público             | T <sub>vp</sub>      | °C                  | ~Pert(4;8;15)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| pH durante el almacenamiento/venta al público                          | pH <sub>vp</sub>     |                     | Panceta ~Uniforme(5,52;5,82)<br>Bondiola ~Uniforme(5,99;6,12)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| a <sub>w</sub> durante el almacenamiento/venta al público              | a <sub>wvp</sub>     |                     | Panceta ~Uniforme(0,852;0,864)<br>Bondiola ~Uniforme(0,852;0,920)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ácido láctico no dissociado durante el almacenamiento/venta al público | U <sub>LACvp</sub>   | mM                  | = U <sub>LACm</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Bacterias ácido lácticas durante el almacenamiento/venta al público    | N <sub>BALvp</sub>   | UFC/cm <sup>2</sup> | = N <sub>BALm</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Concentración de <i>L. monocytogenes</i> antes del consumo             | C <sub>Lmvp</sub>    | UFC/cm <sup>2</sup> | <p>Si <math>P_{Lmvp} \geq 0,1</math></p> <p>si <math>Tiempo_{vp} \leq \lambda</math>; entonces <math>C_{Lmvp} = C_{Lmm}</math></p> <p>si <math>Tiempo_{vp} &gt; \lambda</math>; entonces = <math>\min(C_{Lmm} + \mu_{max} * Tiempo_{vp} - \lambda)</math>; N<sub>max</sub></p> <p>Donde:</p> $\mu_{max} = \mu_{maxref} * \left( \frac{(T_{vp} - T_{min})^2}{(T_{ref} - T_{min})^2} \right) * \left( \frac{(pH_{vp} - pH_{min})}{(pH_{ref} - pH_{min})} \right) * \left( \frac{(a_{wvp} - a_{wmin})}{(a_{wref} - a_{wmin})} \right) * \frac{(1 - U_{LACvp})}{U_{min}} * \left( 1 - \frac{N_{Lm} + N_{BALvp}}{N_{cpdBAL}} \right)$ <p>Si <math>P_{Lmvp} &lt; 0,1</math></p> |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                        |                      |                 |                                                                                                                                                                                                |                                      |
|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                                        |                      |                 | ~Poisson( $C_{Lmvp}= 10^{(\log CLms - (13.572*a_{wvp} +13.311))}$ )                                                                                                                            |                                      |
| Tamaño de la porción de embutido                       | T <sub>porción</sub> | g               | ~LogNormal(61,59;22,9)                                                                                                                                                                         |                                      |
| Superficie consumida                                   | S <sub>porción</sub> | cm <sup>2</sup> | =T <sub>porción</sub> * (~Uniforme(0,1;0,5)                                                                                                                                                    |                                      |
| Dosis por porción consumida                            | Dosis                | UFC             | = S <sub>porción</sub> * C <sub>Lmvp</sub>                                                                                                                                                     |                                      |
| Frecuencia de consumo                                  | F <sub>pc</sub>      | Probabilidad    | Población general= 0,01048<br><br>Embarazadas= 0,0046                                                                                                                                          |                                      |
| Población nacional                                     | Hab                  |                 | 40.117.096                                                                                                                                                                                     |                                      |
| Número de porciones de embutidos consumidas por año    | Porc                 |                 | (Hab * F <sub>pc</sub> ) * 365                                                                                                                                                                 |                                      |
| Caracterización del peligro o Relación Dosis-Respuesta |                      |                 |                                                                                                                                                                                                |                                      |
|                                                        |                      |                 | Tamaño de la población                                                                                                                                                                         | Riesgo asociado (r)                  |
| Menores de 65 años sanos                               | Pob<65               | Número          | = Hab – (Pob>65+Pob <sub>emb</sub> +Pob <sub>cnh</sub> +Pob <sub>ch</sub> +Pob <sub>rh</sub> +Pob <sub>t</sub> +Pob <sub>einf</sub> +Pob <sub>HIV</sub> +Pob <sub>d</sub> +Pob <sub>ec</sub> ) | 10 <sup>(~Normal(-14,11;1,62))</sup> |
| Mayores de 65 años sanos                               | Pob>65               | Número          | 4104648                                                                                                                                                                                        | 10 <sup>(~Normal(-12,83;1,62))</sup> |
| Embarazadas                                            | Pob <sub>emb</sub>   | Número          | 771.027                                                                                                                                                                                        | 10 <sup>(~Normal(-11,7;1,62))</sup>  |
| Cáncer no hematológico                                 | Pob <sub>cnh</sub>   | Número          | 1.299.794                                                                                                                                                                                      | 10 <sup>(~Normal(-12,11;1,62))</sup> |

Evaluación de riesgos de *L. monocytogenes* en chacinados embutidos secos y salazones crudas

|                                                                 |                     |        |                                                                                                                                                                                                            |                                                             |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Cáncer hematológico                                             | Pob <sub>ch</sub>   | Número | 100.293                                                                                                                                                                                                    | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,02;1,62))}$                     |
| Patologías renales o hepáticas                                  | Pob <sub>rh</sub>   | Número | 30.633                                                                                                                                                                                                     | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,56;1,62))}$                     |
| Trasplantados                                                   | Pob <sub>t</sub>    | Número | 6.393                                                                                                                                                                                                      | $10^{(\sim\text{Normal}(-11,51;1,62))}$                     |
| Enfermedades inflamatorias                                      | Pob <sub>einf</sub> | Número | 75.420                                                                                                                                                                                                     | $10^{(\sim\text{Normal}(-12,08;1,62))}$                     |
| HIV/SIDA                                                        | Pob <sub>HIV</sub>  | Número | 120.000                                                                                                                                                                                                    | $10^{(\sim\text{Normal}(-12,19;1,62))}$                     |
| Diabetes                                                        | Pob <sub>d</sub>    | Número | 3.931.475                                                                                                                                                                                                  | $10^{(\sim\text{Normal}(-13,13;1,62))}$                     |
| Enfermedades Cardiovasculares                                   | Pob <sub>ec</sub>   | Número | 2.647.728                                                                                                                                                                                                  | $10^{(\sim\text{Normal}(-13,30;1,62))}$                     |
| Población altamente susceptible                                 | Pob <sub>as</sub>   | Número | $=\text{Pob}_{\text{cnh}} + \text{Pob}_{\text{ch}} + \text{Pob}_{\text{rh}} + \text{Pob}_{\text{t}} + \text{Pob}_{\text{einf}} + \text{Pob}_{\text{HIV}} + \text{Pob}_{\text{d}} + \text{Pob}_{\text{ec}}$ | $10^{(\sim\text{Normal}(\sim\text{Pert}(-6,9;-6,4;-6,19))}$ |
| Número estimado de enfermos para cada una de las subpoblaciones | Pob                 | Número | $=(\text{Porc} * (\text{Pob} / \text{Hab})) * (1-(1-r)^{\text{Dosis}})$                                                                                                                                    |                                                             |