ISSN 2618-2785

RSA-CONICET
Red de Seguridad Alimentaria del CONICET

Evaluación de riesgos de trichinellosis humana asociada al consumo de carne y subproductos de cerdo (embutidos y salazones) en Argentina

- INFORME FINAL -

11/11/2024

GRUPO *AD HOC "TRICHINELLOSIS HUMANA"*

Red de Seguridad Alimentaria
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

CC BY NC ND

Evaluación de riesgos de trichinellosis humana asociada al consumo de carne y subproductos de cerdo (embutidos y salazones) en Argentina

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO 4

INFORME FINAL 4

A. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD 4

B. CONFORMACIÓN DEL GRUPO *AD HOC* (“TRICHINELLOSIS ARGENTINA”) 4

Coordinadores del grupo *ad hoc* 5

Integrantes del grupo *ad hoc* 5

Colaboradores 5

C. ACTIVIDADES DESARROLLADAS 8

D. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL RIESGO 10

D.1 METODOLOGÍA 10

1) Identificación del peligro 10

2) Evaluación de la exposición 11

3) Caracterización del peligro 12

4) Caracterización del riesgo 12

5) Análisis de sensibilidad 13

6) Análisis de escenarios 13

D.2 RESULTADOS 14

1) Identificación del peligro 14

Epidemiología 15

Infección en los porcinos 16

Enfermedad en las personas 16

Diagnóstico 18

Situación de *Trichinella* y trichinellosis en Argentina 19

Sistema de vigilancia 22

Control de la infección 23

2) Evaluación de la exposición 24

a) Tipo de crianza de cerdos en producción primaria 25

b) Prevalencia de *Trichinella* spp. en cerdos 25

c) Prevalencia de *Trichinella* spp. en los músculos de porcinos faenados 26

d) Diagnóstico de *Trichinella* spp. en faena 27

e) Peso de las canales de porcinos 27

f) Proporción de la canal porcina destinada a cada producto 28

g) Consumo de corte cárnico 28

h) Consumo de embutidos 29
i) Consumo de salazones 31
3. Caracterización del peligro: relación dosis-respuesta. 36
4. Caracterización del riesgo 37
5. Análisis de sensibilidad 39
6. Análisis de escenarios 40
E. CONCLUSIONES FINALES 44
E.1 Limitaciones del modelo 44
E.2 Conclusiones 44
F. BIBLIOGRAFÍA 46

INFORME FINAL

Evaluación de riesgos de trichinellosis humana asociada al consumo de carne y subproductos de cerdo (embutidos y salazones) en Argentina.

A. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

El día 17 de abril de 2023, los representantes de distintas instituciones académicas, de salud animal y humana, así como participantes de la red de trichinellosis acordaron enviar una solicitud a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET para la elaboración de un análisis cuantitativo de riesgo con el objetivo de determinar cuál es la probabilidad de que una persona enferme de trichinellosis en Argentina y certificar las situaciones de riesgo que deberían tenerse en cuenta para disminuir y controlar la enfermedad, en los diferentes puntos de la cadena de producción de cerdos, embutidos y chacinados en ámbitos informales.

Solicitantes: Dr. Silvio Jesús Krivokapich. Departamento de Parasitología, INEI, ANLIS "Dr. Carlos G. Malbrán"; Dra. Viviana Randazzo. Cátedra de Microbiología y Parasitología, Dto. Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur; Cátedra de Parasitología y Enfermedades Parasitarias. CONICET–Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA), Centro de Estudios Transdisciplinarios en Epidemiología (CETE) Buenos Aires, Argentina; Departamento de Patología Animal y Departamento de Salud Pública, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Río Cuarto; Cat de Porcinos, Facultad de Veterinaria, Universidad Nacional de Luján; Cat. de Enfermedades Parasitarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de Rosario; Red de Abordaje integral de trichinellosis.

B. CONFORMACIÓN DEL GRUPO *AD HOC* ("TRICHINELLOSIS ARGENTINA")

La RSA procedió a conformar un grupo *ad hoc*, realizando una convocatoria abierta dirigida a todo el sistema científico-tecnológico nacional. Tras recibir las propuestas, se definió la composición del grupo con el objetivo de integrar un equipo de trabajo compuesto por investigadores con experiencia en diversos aspectos relacionados con la producción de embutidos y salazones, microbiología de alimentos, microbiología clínica, epidemiología, entre otros. En total, se recibieron 9 solicitudes de participación, y se aceptaron todas las postulaciones.

Coordinadores del grupo *ad hoc*

- Fernando Adrián Fariña, Prof. Adj. (UBA). Doctor de la UBA. Esp. en Docencia Universitaria para Ciencias Veterinarias y Biológicas (FCV-UBA). Veterinario (UBA). Investigador Asistente (CONICET). Investigador en INPA-UBA-CONICET e IIEV.
- Viviana Randazzo, Prof. Adj. (UNS). Doctora de la UNS. Especialista en Parasitología clínica (DptoBByF-UNS). Especialista en Microbiología Clínica. Bioquímica (UNS). Especialidad: Parasitología humana.

Integrantes del grupo *ad hoc*

- Cecilia Celeste Vila. UBA, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Inmunología, IDEHU (CONICET-UBA). Bióloga, Doctora UBA. Especialidad: Inmunoparasitología.
- Eliana Riva, Prof. Adj. (UNCPBA). Doctora en Cs. Animal; Lic. Cs. Biológicas. Inv. Adjunta CICPBA. Área Parasitología y Enfermedades Parasitarias, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA - CIVETAN.
- Mabel Ribicich, Prof. Tit. (UBA). Doctora de la UBA. Magister en Salud Animal (FCV-UBA). Esp. en Docencia Universitaria para Ciencias Veterinarias y Biológicas (FCV-UBA). Médica Veterinaria (UBA). Investigadora en INPA-UBA-CONICET e IIEV.
- Mariana Pasqualetti, Prof. Adj. (UBA). Doctora de la UBA. Esp. en Docencia Universitaria para Ciencias Veterinarias y Biológicas (FCV-UBA). Veterinario (UBA). Investigadora en INPA-UBA-CONICET e IIEV.
- Melina Richardet, docente en FAyV- UNRC. Doctora en Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria. Méd. Vet. Investigadora en INCIVET.
- Silvio Krivokapich, Lic. en Genética (UNAM), Magíster en Microbiología Molecular (UNSAM), Doctor Área Ciencias Biológicas (UBA).

Colaboradores

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

ISSN 2618-2785

STAFF

Red de Seguridad Alimentaria

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Coordinación General: Javier Pardo

Consejo Directivo

4 Unidades Ejecutoras:

IPATEC (Inst. Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales) - Univ Nac del Comahue.
Titular: Diego Libkind
Suplente: Martín Ducos

ICYTESAS (Inst. de Ciencia y Tecnología de Sistemas Alimentarios Sustentables) – INTA
Titular: Sergio Vaudagna
Suplente: Marina Mozgovoj

ITAPROQ (Instituto de Tecnología de Alimentos y Procesos Químicos).
Titular: Carmen Campos
Suplente: Sandra Guerrero

CERELA (Centro de Referencia para Lactobacilos).
Titular: Jean Guy LeBlanc
Suplente: Silvina Fadda

2 Instituciones pertenecientes al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación:

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)
Titular: Javier Martín Echazarreta
Suplente: Carolina Giannavola

CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica)
Titular: María Constanza Cova
Suplente: José Pachado

2 Investigadores de la Carrera de Investigadores Científicos y Tecnológicos (CICT) del CONICET que no tengan asignado como lugar de trabajo una Unidad Ejecutora del CONICET:

Titular: María Belén Pisano
Suplente: Martín Pedro Moya

Evaluación de riesgos de trichinellosis humana asociada al consumo de carne y subproductos de cerdo (embutidos y salazones) en Argentina

RESUMEN EJECUTIVO

Docentes e investigadores de la Universidad Nacional del Sur, la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de Rio Cuarto y de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, representantes de instituciones del Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas, ANLIS - Malbran, así como miembros de la red de trichinellosis, solicitaron a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) la realización de una evaluación del riesgo de trichinellosis humana en Argentina asociada al consumo de carne de cerdo y sus subproductos, tales como embutidos secos y salazones crudas. Actualmente, el Código Alimentario Argentino establece que para la carne de cerdo y los embutidos y salazones, el criterio parasitológico para *Trichinella spiralis* es la ausencia del patógeno. En este contexto, la RSA-CONICET formó un grupo de trabajo *ad hoc* multidisciplinario, compuesto por investigadores con experiencia en sanidad animal, parasitología veterinaria y humana, epidemiología, y el proceso de producción de embutidos y salazones, entre otros. El objetivo de este grupo fue evaluar cuantitativamente la probabilidad de que una persona en Argentina padezca trichinellosis por el consumo de carne de cerdo, embutidos secos y salazones crudas. La evaluación de riesgos se llevó a cabo en cuatro etapas: identificación del peligro, evaluación de la exposición, caracterización del peligro y caracterización del riesgo. Se definieron los productos a evaluar (carne de cerdo, embutidos secos y salazones), se elaboró un modelo teórico que guió la evaluación, y se realizó una búsqueda exhaustiva de información para construir el modelo cuantitativo de riesgo. Una vez diseñado el modelo predictivo, se realizaron simulaciones utilizando el modelo de Monte Carlo, apoyándose en el programa de análisis de riesgos desarrollado por la RSA. La estimación de estas variables se obtuvo tras generar 5.000 iteraciones del modelo mediante la metodología de hipercubo latino como método de muestreo, lo que proporcionó un adecuado grado de convergencia de los resultados (<1%). El riesgo de que una persona contraiga trichinellosis asociado al consumo de carne, chacinados y salazones fue significativamente mayor en productos provenientes de sistemas no controlados en comparación con aquellos de sistemas controlados. Entre las variables que más impactaron en la probabilidad de enfermar por el consumo de cortes cárnicos, la dosis consumida fue la más relevante. Esta probabilidad también estuvo influenciada por el tipo de almacenamiento del corte, la preferencia de cocción y la carga inicial de larvas presentes en el músculo del animal. En cuanto a los embutidos y salazones, el único factor que mostró relevancia sobre el riesgo de enfermar fue el tiempo de almacenamiento de estos productos. Como toda evaluación de riesgos, este

estudio está sujeto a modificaciones y reevaluaciones en caso de que surjan nuevas evidencias o información relevante.

C. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

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

1. REUNIÓNES DEL GRUPO *AD HOC*. Se realizaron 12 reuniones virtuales para confeccionar la hoja de ruta que guio el desarrollo del trabajo realizado, desde la obtención de la información necesaria para la elaboración del análisis de riesgo, el análisis de riesgo propiamente dicho, la discusión de los resultados generados por dicha evaluación para finalmente confeccionar el informe final.

2. ELABORACIÓN DEL MODELO TEÓRICO Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN. Se realizó una búsqueda exhaustiva de la información científica relevante para cada etapa del modelo de riesgo.

a. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN PORCINA PRIMARIA

i. Se definieron los sistemas de crianza de cerdos en Argentina.
ii. Se determinó la prevalencia de *Trichinella* spp. para cada sistema.
iii. Se determinó la persistencia de *T. spiralis* en los porcinos.

b. FAENA/FRIGORÍFICOS

i. Se determinó la proporción de porcinos analizados en faena de acuerdo al sistema de crianza.
ii. Se calculó el rendimiento de los porcinos (kilogramos de carne/peso total de los porcinos vivos).
iii. Se determinó la carga parasitaria de *T. spiralis* en músculos (carne porcina).
iv. Se estipuló el destino de la carne porcina y las etapas del proceso de producción de embutidos fermentados y salazones crudas y se identificaron los diferentes productos a elaborar.

c. DESTINO DE LA CARNE PORCINA

d. CORTES DE CARNE: ALMACENAMIENTO Y CARGA PARASITARIA

i. Se identificó el tipo y tiempo de almacenamiento de carne porcina destinada al consumo (en punto de venta final).

ii. Se estimó el efecto del almacenamiento refrigerado y congelado sobre la viabilidad de las larvas.
iii. Se determinó la carga de larvas de *T. spiralis* en corte luego del tipo (hogar y punto de venta final) y el tiempo de almacenamiento.
iv. Se determinó el efecto de la cocción sobre la viabilidad de las larvas estimándose la carga final de larvas luego de la cocción.
v. Se estimó la probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos determinándose el tamaño de la porción de carne porcina y la carga de larvas por porción.

e. EMBUTIDOS: ALMACENAMIENTO Y CARGA PARASITARIA

i. Se determinó la proporción de carne porcina destinada a la preparación de embutidos, y se calculó la carga de larvas en carne empleada para elaborar embutidos.
ii. Se determinó la probabilidad de supervivencia de larvas de *T. spiralis* en el embutido, calculando la vida útil de un embutido.
iii. Se estimó la carga de larvas por porción de embutidos y se determinó el efecto del almacenamiento de los mismos sobre la viabilidad de las larvas.
iv. Se estimó la probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de embutidos determinándose el tamaño de la porción de carne porcina y la carga de larvas por porción.

f. SALAZONES: ALMACENAMIENTO Y CARGA PARASITARIA

i. Se determinó la proporción de carne porcina destinada a la preparación de salazones calculándose la carga de larvas en carne empleada para elaborar salazones.
ii. Se determinó la probabilidad de supervivencia de las larvas de *T. spiralis* en salazones, calculando la vida útil de una salazón.
iii. Se estimó carga de larvas por porción de salazones y se determinó el efecto del almacenamiento de salazones sobre la viabilidad de las larvas.
iv. Se estimó la probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de salazones determinándose el tamaño de la porción de salazones y la carga de larvas por porción.

g. DISTRIBUCIÓN-CONSUMO:

i. Se definió el tamaño de la porción de carne fresca de cerdo, embutidos y salazones a partir de los datos del Ministerio de Salud (2012).

ii. Se estimó el número de porciones consumidas anualmente a partir del consumo anual per cápita y el tamaño de la porción de carne, embutidos y salazones definidas en (b).

iii. Se predijo la dosis de larvas de *T. spiralis* consumida por porción de carne, embutidos y salazones.

h. ENFERMEDAD

i. Se definió la relación dosis-respuesta en base al consumo de carne, embutidos y salazones y el número de enfermos estimado.

3. **ELABORACIÓN DEL MODELO CUANTITATIVO DE RIESGO**. Con la información recopilada por el grupo de trabajo se procedió a construir el modelo de riesgo.
4. **ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**
5. **ANÁLISIS DE ESCENARIOS.**
6. **ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL.**

D. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DEL RIESGO

D.1 METODOLOGÍA

Se realizó una evaluación cuantitativa de riesgos siguiendo la estructura general aceptada para peligros microbiológicos, la cual incluyó los siguientes aspectos:

1) Identificación del peligro
2) Evaluación de la exposición
3) Caracterización del peligro
4) Caracterización del riesgo
5) Análisis de sensibilidad
6) Análisis de escenarios

Esta evaluación de riesgos abarcó la totalidad de la cadena cárnica porcina (concepto holístico “de la granja a la mesa”), desde la producción primaria hasta la mesa del consumidor. Se consideraron tres tipos de productos alimenticios elaborados con base en carne porcina: cortes cárnicos, embutidos y salazones. Se consideraron los aspectos generales de la cadena cárnica porcina en Argentina.

1) Identificación del peligro

En esta etapa se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre toda la información epidemiológica (morbilidad, mortalidad, estudios epidemiológicos, estudios de brotes) y

parasitológica (patogenia, fuentes y formas de transmisión y condiciones ambientales) que influyen en la supervivencia y transmisión de *Trichinella* spp.

Para llevar adelante esta revisión se utilizaron las bases de datos de revistas científicas del Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Sistema de Vigilancia Epidemiológica del Ministerio de Salud oficial, Informes del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Alimentaria de la Nación, entre otras.

2) Evaluación de la exposición

Para la realización de la evaluación de la exposición, entendida como la evaluación cuantitativa del consumo del agente patógeno a través del consumo de carne, embutidos y salazones elaborados con carne porcina, se dividió a la cadena agroalimentaria en tres etapas para facilitar su análisis.

La primera etapa comprendió la producción primaria. Se evaluó el tipo de producción animal presente en nuestro país, sus características principales y su relación con la prevalencia del patógeno entre y dentro de las granjas. Se analizaron los factores de riesgo que contribuyen a la prevalencia del parásito en los establecimientos productores. Se evaluaron los modelos productivos presentes en la zona bajo estudio, se caracterizaron las condiciones de comercialización y transporte de animales vivos entre unidades productivas y hasta el matadero; así como factores relacionados con la comercialización controlada o no controlada.

En el caso de la producción no controlada (aquella que no cuenta con controles sanitarios por parte de las autoridades nacionales –SENASA–), a pesar de la falta de información oficial, se trató de caracterizarla, estableciendo la prevalencia de la enfermedad en los animales criados bajo estas condiciones y el circuito informal de comercialización de productos, a partir de datos de trabajos realizados por organismos oficiales sin publicar.

La segunda etapa comprendió el estudio de las características operativas, sanitarias y procedimientos aplicados en la faena de estos animales tanto controlada como no controlada y que condicionan la aparición del parásito en carne de cerdo. Se trató de estimar la proporción de carcasas a las cuales se les realiza el diagnóstico *post mortem* (digestión enzimática) y la proporción de animales falsamente diagnosticados como negativos para la presencia de larvas del parásito. Se realizó una caracterización adicional del volumen de faena y del tipo de animales que se faenan en los mataderos-frigoríficos de porcinos y analizó la información sobre faena clandestina o no controlada.

La tercera etapa involucró el análisis de los procesos de distribución, almacenamiento, venta al por menor y consumo en los hogares, analizándose las condiciones en que se realizan estas actividades y que pueden condicionar o favorecer la aparición de la enfermedad. Se evaluaron las condiciones de almacenamiento y venta al por menor, así como las condiciones y características de los productos elaborados (embutidos y salazones). Adicionalmente, se recurrió a los resultados de encuestas en hogares a nivel nacional, con la finalidad de identificar las prácticas de compra, almacenamiento, preparación y consumo de carne porcina y embutidos y salazones elaborados a partir de carne porcina y preferencias por parte de los consumidores, teniendo en cuenta los principales factores de riesgos asociados a este tipo de peligro biológico. Se tomaron en cuenta aspectos relevantes para la evaluación como la edad de los consumidores, frecuencia de consumo, tamaño de las porciones, etc.

En las diferentes etapas de la evaluación de la exposición se presentaron situaciones donde se carecía de información o la misma se presentaba de manera incompleta, generando incertidumbre sobre los verdaderos parámetros de las distribuciones de probabilidad que caracterizan a las variables de entrada del modelo. Si bien esta incertidumbre es intrínseca a una evaluación de riesgos, cada parámetro incierto fue definido de manera particular, contando con el apoyo de informantes calificados o publicaciones científicas a nivel internacional que pudieran ser empleadas como base para estimar parámetros locales. Adicionalmente, al finalizar la caracterización del riesgo se realizó un análisis particular de dichas variables para cuantificar el impacto de las incertidumbres en los resultados generados por el modelo.

3) Caracterización del peligro

Se evaluó la relación existente entre la cantidad del patógeno (larvas viables de *T. spiralis*) ingerida por el consumo de cortes cárnicos, 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 *T. spiralis* en humanos.

4) Caracterización del riesgo

Se integró toda la información obtenida durante las 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 que la carne de cerdo se produce, procesa, transporta, almacena, vende y consume. 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 @RSA. La estimación de estas variables se obtuvo luego de generar 5.000 iteraciones del modelo empleando la metodología de hipercubo latino como método de muestreo. El número de iteraciones seleccionado aportó un adecuado grado de convergencia de los resultados (<1%).

Se realizó la caracterización del riesgo individual o típico para un modelo de cadena agroalimentaria. Otros productos obtenidos de esta etapa incluyeron el riesgo de enfermedad y el número de enfermos por tipo de producto consumido (corte cárnico, embutido o salazones).

Para analizar la validez del modelo, se compararon los resultados arrojados por el mismo con datos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (ej. casos confirmados por *Trichinella* spp.), así como información científica publicada sobre prevalencia de *Trichinella* spp. en carne, embutidos y salazones elaborados con carne porcina.

5) Análisis de sensibilidad

Se identificaron los factores que influyeron en la aparición y extensión de la trichinellosis y el consiguiente riesgo. Este análisis es conocido como análisis de sensibilidad y permitió detectar cuáles fueron las entradas o factores que mayor influencia tuvieron en el riesgo de adquirir una infección por *Trichinella* spp. y, de esta forma, se definieron cuáles serían las estrategias de manejo del riesgo que generarían el mayor impacto en salud pública. Para este fin se realizó un análisis de correlación de Spearman entre cada variable independiente y las variables de respuesta. Adicionalmente, este análisis permitió evaluar el impacto que tuvieron sobre las variables de respuesta aquellas variables independientes con mayor incertidumbre. Aquellas distribuciones de probabilidad donde la incertidumbre poseía un impacto importante sobre el resultado, pudieron ser identificadas, y este proceso ayudó a detectar las áreas donde se deben centrar las actividades de investigación.

6) Análisis de escenarios

Una vez identificados los factores que mayor impacto tuvieron sobre el riesgo de padecer una infección por *Trichinella* spp., se realizó un análisis de escenarios. Para ello, se incluyeron en el modelo cuantitativo de riesgos, las estrategias de manejo hipotéticas y se llevó a cabo la simulación de cada escenario. Finalmente, se compararon los estimados de exposición bajo las condiciones actuales y las derivadas de la adopción de medidas de prevención y control. Si bien los escenarios a evaluar

estuvieron en función de los resultados que se obtuvieron del análisis de sensibilidad, se consideraron medidas de gestión aplicadas durante la producción primaria.

En cada escenario se realizó el análisis avanzado de sensibilidad con el objeto de estimar el impacto de cada medida de gestión del riesgo posible de llevar adelante.

D.2 RESULTADOS

1) Identificación del peligro

Agente

La trichinellosis (triquinosis) es una zoonosis parasitaria con un alto impacto en la salud pública en Argentina, producida por el consumo de carne, productos y subproductos de cerdos domésticos, así como de animales silvestres infectados por larvas musculares (LM) de nematodes pertenecientes al género *Trichinella* spp. (familia Trichinellidae). El parásito infecta a una amplia variedad de hospedadores vertebrados y se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo con excepción del continente Antártico donde su presencia todavía no ha sido reportada (Pozio, 2007).

El ciclo de vida de *Trichinella* spp. es autoheteroxénico, lo que significa que un mismo hospedador alberga las fases adultas y larvarias del parásito (Appleton, 2012; Despommier, 1998; Pozio, 2007). El ciclo comienza con la ingestión de carne cruda o poco cocida que contiene LM. En el estómago, las LM se liberan por la acción de los jugos gástricos y migran al intestino delgado. Allí, invaden las células epiteliales en la base de las vellosidades intestinales y establecen un nicho intramulticelular. Tras cuatro mudas sucesivas, las LM se transforman en parásitos adultos, machos y hembras, que copulan. Los machos miden entre 1,4 mm y 1,6 mm, mientras que las hembras son aproximadamente el doble de grandes. Alrededor del día 5 post-infección (p.i.), las hembras comienzan a liberar larvas recién nacidas (LRN), que son el estadio migrante y miden 100 µm. El tiempo de permanencia de los adultos en el intestino depende del hospedador: alrededor de 2 semanas en modelos murinos, 6 semanas en humanos y entre 60-70 días en cerdos (Alizadeh and Wakelin, 1982; Capó and Despommier, 1996; Murrell, 1985; Stewart *et al.*, 1999). Finalmente, los adultos son expulsados del intestino debido a la respuesta inflamatoria intestinal. Las LRN penetran la lámina propia y acceden a los vasos linfáticos mesentéricos o sanguíneos, diseminándose por todo el organismo y atravesando diferentes órganos como el corazón, pulmón e hígado. La fibra muscular esquelética es el único tejido donde el parásito puede completar su desarrollo. Dentro de las fibras musculares, las LRN se transforman en LM o de primer estadio (larvas L1), el estadio infectivo, y forman una célula nodriza que mide entre 250 y 500

µm (Gajadhar *et al.*, 2009; Gottstein *et al.*, 2009). Las LM pueden permanecer viables durante años. El ciclo se reinicia cuando un nuevo hospedador consume carne infectada con LM.

Se han registrado 13 genotipos en el género *Trichinella*, 10 reconocidos como especies: *T. spiralis*, *T. nativa*, *T. britovi*, *T. pseudospiralis*, *T. murrelli*, *T. nelsoni*, *T. papuae*, *T. zimbabwensis*, *T. patagoniensis* y *T. chanchalensis*. Los 3 genotipos restantes (*Trichinella* T6, T8 y T9) aún no tienen una definición taxonómica. Todas las especies y genotipos son indistinguibles morfológicamente en todas las etapas de su desarrollo, excepto por el tamaño más pequeño de *T. pseudospiralis*. La presencia o ausencia de una cápsula de colágeno alrededor de la larva L1 muscular permite diferenciar entre las especies del clado encapsulado (*T. spiralis*, *T. nativa*, *T. britovi*, *T. murrelli*, *Trichinella* T6, *T. nelsoni*, *Trichinella* T8, *Trichinella* T9, *T. patagoniensis* y *T. chanchalensis*) y el no encapsulado (*T. pseudospiralis*, *T. papuae* y *T. zimbabwensis*) (Pozio and Zarlenga, 2021, 2013; Sharma *et al.*, 2020). En Argentina, se han registrado las especies *T. spiralis*, *T. patagoniensis*, *T. pseudospiralis* y *T. britovi* (Krivokapich *et al.*, 2019b, 2015, 2012, 2006).

Epidemiología

Trichinella spp. se transmite de un animal a otro, o a un humano, únicamente por la ingesta de tejidos musculares infectados con LM. Los mamíferos se constituyen en los principales hospedadores reservorios. La biomasa de parásitos es mayor en animales silvestres que en domésticos, a diferencia de otras infecciones por nematodos (Pozio, 2014).

En nuestro país se ha identificado la infección por *Trichinella* spp. en los cerdos, jabalíes, pumas, zorro gris, gato montés, zorrino, hurón menor, perros, gatos, armadillos y roedores.

Las fallas en el manejo de los animales domésticos y silvestres, propician que las especies de *Trichinella*, especialmente *T. spiralis*, puedan transmitirse del ámbito silvestre al doméstico.

En las piaras, la infección por *Trichinella* se transmite por la ingesta de tejido muscular infectado proveniente de diferentes fuentes como, por ejemplo, comedores, cocinas, restaurantes o frigoríficos. La basura también puede ser una fuente de infección, ya que los cerdos que se alimentan de ella pueden ingerir larvas de *Trichinella* presentes en los desechos. Las mordeduras de cola u oreja, o el consumo de carcasas de cerdos no

eliminadas a tiempo, también pueden constituirse en fuente de infección. Los animales sinantrópicos, como ratas, perros, mustélidos y zorros que viven cerca de los cerdos, pueden estar involucrados en la transmisión del parásito. En general, el riesgo de transmisión de *Trichinella* spp. es mayor en zonas donde no existen servicios veterinarios o bien donde estos no son capaces de controlar la gran cantidad de pequeñas explotaciones porcinas (Pozio, 2014).

En la naturaleza, *Trichinella* spp. se transmite principalmente entre animales silvestres omnívoros y carnívoros. Las especies animales involucradas varían según la región. En zonas circumpolares-árticas, se pueden encontrar lobos y osos polares, focas, morsas, lobos marinos y belugas. En zonas templadas, pueden estar presentes jabalíes, zorros, peludos, félidos y otros animales omnívoros, carnívoros, carroñeros o con hábitos de canibalismo.

Debido a que *Trichinella* spp. infecta principalmente animales de vida silvestre, la erradicación de estos agentes zoonóticos no es posible. Sin embargo, la circulación del parásito en los cerdos domésticos puede ser controlada mediante controles veterinarios apropiados y continuos (Pozio, 2014).

Infección en los porcinos

En cerdos naturalmente infectados con *Trichinella* spp., la manifestación de signos clínicos es poco común, lo que complica tanto el control como la prevención de la enfermedad. Esta situación presenta un desafío significativo, ya que los criadores pueden equívocamente asumir que los cerdos infectados gozan de buena salud, dado que su aspecto y desarrollo se encuentran dentro de los rangos normales. Aunque no se observen señales evidentes de la infección, es importante recalcar que la presencia de larvas LM de *T. spiralis* desencadena alteraciones extensas y conlleva cambios patológicos subsiguientes en los músculos esqueléticos (Ribicich *et al.*, 2021).

Enfermedad en las personas

El tiempo de aparición y la severidad de las manifestaciones clínicas en los pacientes están directamente relacionados con la cantidad de LM ingeridas. Según la severidad, la enfermedad puede presentarse como asintomática, abortiva, benigna, moderadamente severa y severa (Pawłowski, 1983). La dosis infectiva mínima que causa síntomas no está claramente definida. Se ha reportado que el consumo de 70 LM podría causar la aparición de sintomatología, lo que sugiere que al menos 1 LM/g de

carne es necesario para causar enfermedad en el humano (Dupouy-Camet and Murrell, 2007).

El curso clínico de la trichinellosis humana puede dividirse en: fase aguda (fases enteral y parenteral), fase de convalecencia y fase crónica. La fase aguda enteral o intestinal comprende desde la liberación de las LM en el estómago hasta el rechazo de los vermes adultos del intestino. Los pacientes con infecciones leves son asintomáticos, aquellos con infección moderada o severa presentan malestar general, cefaleas, fiebre, dolor abdominal, diarrea o constipación y náuseas, manifestaciones que duran menos de una semana y pueden confundirse con otras enfermedades (Capó and Despommier, 1996; Dupouy-Camet and Murrell, 2007; Pawłowski, 1983). La fase aguda parenteral comprende la etapa de migración de las LRN y la invasión de los músculos esqueléticos. Entre la segunda y sexta semana p.i. ambas fases ocurren al mismo tiempo, sin embargo, los signos y síntomas asociados a la fase intestinal disminuyen y comienzan a desarrollarse aquellos relacionados con la migración de la LRN. Las manifestaciones clínicas se deben al proceso de invasión tisular que realiza dicho estadio y a la respuesta inmunológica que se monta debido a ello. Los principales signos y síntomas que se observan son el edema facial y/o periorbital, mialgias, astenia severa, conjuntivitis, fiebre, cefaleas, rash cutáneo, bronquitis, disnea, alteraciones de la visión y pérdida de peso. En el 75-90% de los pacientes se detectan niveles elevados de las enzimas musculares CPK, LDH, aldolasa y, ocasionalmente, aspartato aminotransferasa, debido a la invasión de la fibra muscular. Dentro de las complicaciones secundarias se ven involucrados órganos tales como el corazón, sistema nervioso central, pulmones y riñones (Capó and Despommier, 1996; Celum *et al.*, 1993; Dupouy-Camet and Murrell, 2007; Kocięcka, 2000; Neghina *et al.*, 2011; Pawłowski, 1983). Siendo las complicaciones más severas la neumonitis, edema agudo de pulmón, fallas ventilatorias, nefritis aguda, encefalitis y miocarditis, siendo esta última la causa más frecuente de muerte. La fase de convalecencia puede involucrar desde unos pocos meses hasta años e implica la paulatina resolución de los síntomas clínicos y de las complicaciones secundarias mencionadas en la fase aguda (Capó and Despommier, 1996; Dupouy-Camet and Murrell, 2007; Pawłowski, 1983). Finalmente, la fase crónica se refiere al período en el cual las LM están completamente desarrolladas en el músculo esquelético.

El enfoque terapéutico en las personas se fundamenta en el tratamiento antiparasitario, el control de la inflamación, el uso de medicamentos analgésicos y sintomáticos, y la

implementación de medidas de rehabilitación en casos de trichinellosis crónica. El objetivo del tratamiento antihelmíntico es reducir la carga intestinal de vermes adultos y consecuentemente prevenir la diseminación larvaria (Cretu, 2021). Las drogas utilizadas son derivados benzimidazólicos (albendazol y mebendazol); su uso está contraindicado en las personas embarazadas y no recomendado en niños menores de 2 años. Además del tratamiento específico se emplean glucocorticoides y analgésicos no esteroideos para mitigar los síntomas (Gottstein *et al.*, 2009).

La ausencia de un tratamiento específico para la fase muscular de la infección subraya la importancia de que los servicios de salud y sanidad animal implementen medidas de intervención con la máxima urgencia posible ante la ocurrencia de brotes. La atención temprana de las personas expuestas resulta fundamental para reducir la probabilidad de desarrollar formas graves de la enfermedad (Anonymous, 2021).

Además, resulta imperativo llevar a cabo el decomiso y la eliminación de la carne de animales infectados o productos alimenticios posiblemente contaminados, con el fin de prevenir el riesgo de enfermar a la población general (Anonymous, 2021).

Diagnóstico

El diagnóstico de la infección por *Trichinella* spp. en animales puede lograrse mediante técnicas directas o indirectas. Las primeras implican la identificación de las larvas musculares y están asociadas principalmente con el análisis *post mortem*. Por otro lado, las técnicas indirectas detectan la presencia del parásito mediante la respuesta de anticuerpos específicos del hospedador (“Trichinellosis - WOAH - World Organisation for Animal Health,” n.d.).

Los métodos directos permiten la identificación de animales infectados en un plazo mínimo de 17 días desde la ingestión inicial del parásito. Estas técnicas requieren muestras musculares de los sitios de predilección, donde se encuentran la mayoría de las larvas en animales infectados (Gajadhar *et al.*, 2019; Gamble *et al.*, 2000). Entre las técnicas directas se encuentran la triquinoscopía y la digestión artificial (DA) o enzimática.

La triquinoscopía ha sido desaconsejada para el diagnóstico en carne destinada al consumo debido a su baja sensibilidad y a su baja confiabilidad para permitir el reconocimiento de las especies no encapsuladas o el estadio infectivo temprano del parásito aún no capsulado (Gamble *et al.*, 2000). En su lugar, desde 1996, se implementó la DA como método obligatorio. Esta técnica se basa en la digestión de

tejido muscular por un líquido digestor que simula la digestión gástrica, permitiendo la liberación de las LM, cuya presencia se detecta por microscopía óptica ("BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA - Resolución 45/2024," n.d.). La DA, particularmente la variante con agitador magnético, es económica y sensible, especialmente cuando se analizan muestras en volumen (Gamble *et al.*, 2000; Gamble, 1996).

En el diagnóstico indirecto, se busca la presencia de anticuerpos anti-*Trichinella* en muestras biológicas. El ELISA basado en antígenos de excreción-secreción es la prueba recomendada por la OIE para la vigilancia epidemiológica en poblaciones porcinas y estudios epidemiológicos ("Trichinellosis - WOAH - World Organisation for Animal Health," n.d.). Sin embargo, se debe tener precaución con los resultados falsos negativos, especialmente durante el período de ventana inmunológica, por lo que no se recomienda reemplazar las técnicas directas en la inspección de carne destinada al consumo (Gamble, 2021). El Western blot se utiliza como prueba complementaria debido a su alta especificidad para confirmar la seropositividad al ELISA (Møller *et al.*, 2005; Nöckler *et al.*, 2000).

Situación de *Trichinella* y trichinellosis en Argentina

En nuestro país, la trichinellosis es una enfermedad endémica que experimentó un resurgimiento notable durante el período de 1990 a 2005, siendo principalmente transmitida por cerdos. Este resurgimiento se atribuye en gran medida a las prácticas culturales que fomentan el consumo de alimentos que incluyen carne cruda o semicocida, salazones y embutidos, los cuales suelen elaborarse con carne de cerdos sacrificados y procesados en entornos familiares, sin supervisión sanitaria (Ribicich *et al.*, 2000).

Anteriormente, la incidencia de esta parasitosis en humanos se mantenía entre 100 y 200 casos por año. Sin embargo, a partir de la década de 1990, se observó un marcado aumento en el número de personas afectadas, llegando a 5.217 casos durante el período 1990-1999. Además, el 89% de estos casos se concentraron en las provincias de la zona central del país, como Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba (Ribicich *et al.*, 2005). El primer registro de la infección en personas en Argentina data del año 1898 (Ribicich *et al.*, 2005).

Durante muchos años *T. spiralis* fue la única especie detectada en nuestro país. Sin embargo, desde el año 2004 se documentó por primera vez, la presencia de especies

encapsuladas de *Trichinella* en animales domésticos y silvestres: *T. patagoniensis* y *T. britovi* (Fariña *et al.*, 2024; Krivokapich *et al.*, 2015, 2012, 2008; Ribicich *et al.*, 2013; Ribicich *et al.*, 2021) así como no encapsuladas *T. pseudospiralis* (Krivokapich *et al.*, 2015). *T. spiralis* se ha detectado en cerdos, jabalíes (*Sus scrofa*), perros, gatos, armadillos (*Chaetophractus villosus*), pumas (*Puma concolor*), zarigüeyas (*Didelphis albiventris*), ratas (*Rattus norvegicus*) y en lobos marinos sudamericanos (*Otaria flavescens*) (Castaño Zubieta *et al.*, 2014; Kin, 2015; Krivokapich *et al.*, 2006; Pasqualetti *et al.*, 2018; Ribicich *et al.*, 2021). *T. britovi* se identificó en un embutido de cerdo originario de la provincia de Mendoza (Krivokapich *et al.*, 2019b). En julio de 2012, 15 pacientes aparentemente se infectaron a través del consumo de embutidos, tocino y/o jamón contaminados con *Trichinella* spp. en la ciudad de Las Heras, Mendoza, Argentina (Krivokapich *et al.*, 2019a).

En cuanto a *T. patagoniensis* se ha observado exclusivamente en pumas de las provincias de la región oeste. Además, a partir de un estudio serológico se ha sospechado de trichinellosis en personas que consumieron carne de puma infectada con *T. patagoniensis* en la localidad de El Calafate, Santa Cruz. Por otro lado, *T. pseudospiralis* se detectó en un cerdo doméstico en la provincia de Santa Cruz en septiembre de 2013. En esa granja, se analizaron muestras de 315 cerdos de una granja de 350 animales criados al aire libre para detectar *Trichinella* spp. utilizando un método de prueba de rutina, y se encontró que una cerda (de aproximadamente 6 años de edad) era positiva (Krivokapich *et al.*, 2015).

Los casos de esta enfermedad suelen surgir principalmente durante los meses más fríos del año, coincidiendo con el periodo en que se faenan con mayor frecuencia los animales criados en entornos familiares. Además, en dicha época, se observa un aumento en la elaboración de productos cárnicos curados y embutidos, ya que no requieren de refrigeración para su conservación (Ribicich *et al.*, 2005).

Durante el año 2023, se notificaron 1103 casos con sospecha diagnóstica (Figura 1). Más del 90% de los casos confirmados y probables se presentaron en la región centro. No se notificaron casos fallecidos (Anonymous, 2023).

El número de brotes de infección por *Trichinella* spp. en cerdos domésticos durante el período 2011-2020 fue de 557 (Figura 2). En cuanto a la distribución por años, en 2020 se registró la mayor cantidad de brotes confirmados, con un total de 80. En contraste, en 2011 se documentaron sólo 25 brotes confirmados, siendo el año con menor cantidad

de confirmaciones. De los 557 (Figura 2) protocolos registrados como brote, el 11% de ellos estuvo relacionado a brotes en humanos (SENASA, 2022a).

Desde 2013, cuando comenzó el registro de brotes en animales silvestres, se informaron 84 en jabalíes y pumas (2013-2018) (SENASA, 2020).

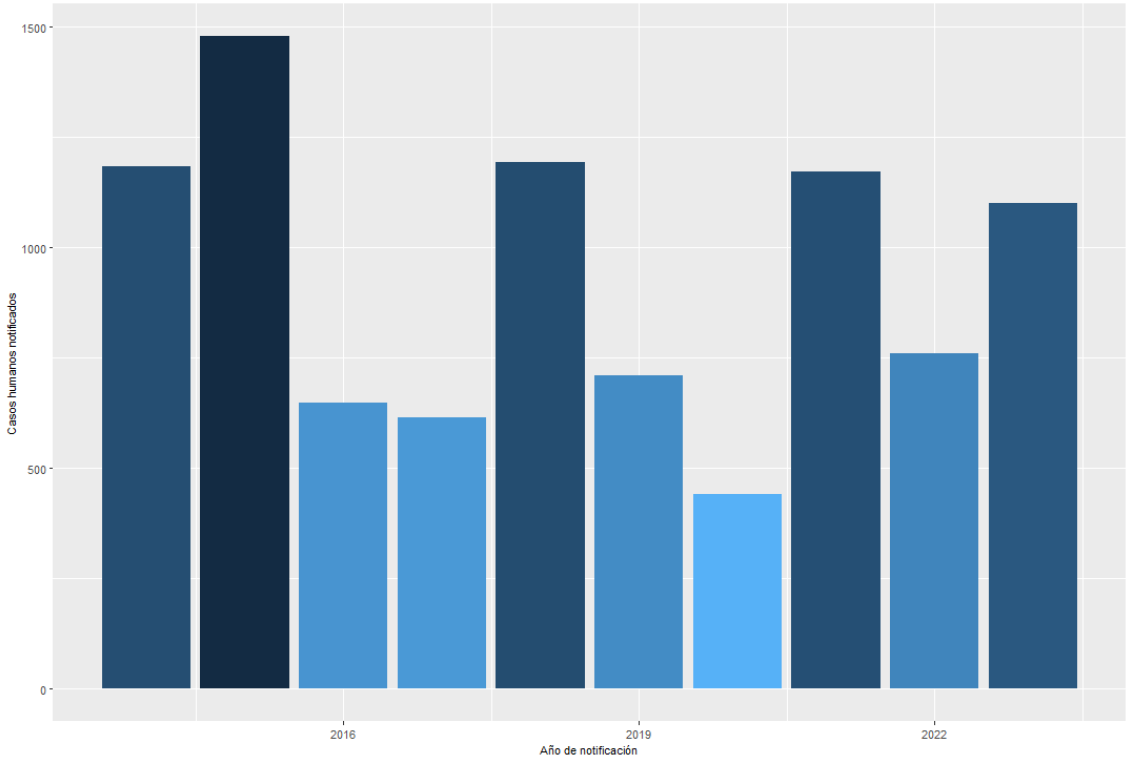

Figura 1. Casos humanos notificados al Sistema Nacional de Vigilancia de Salud. Argentina- Total país. Período 2014 - 2023. N= 9400. Fuente= Ministerio de Salud.

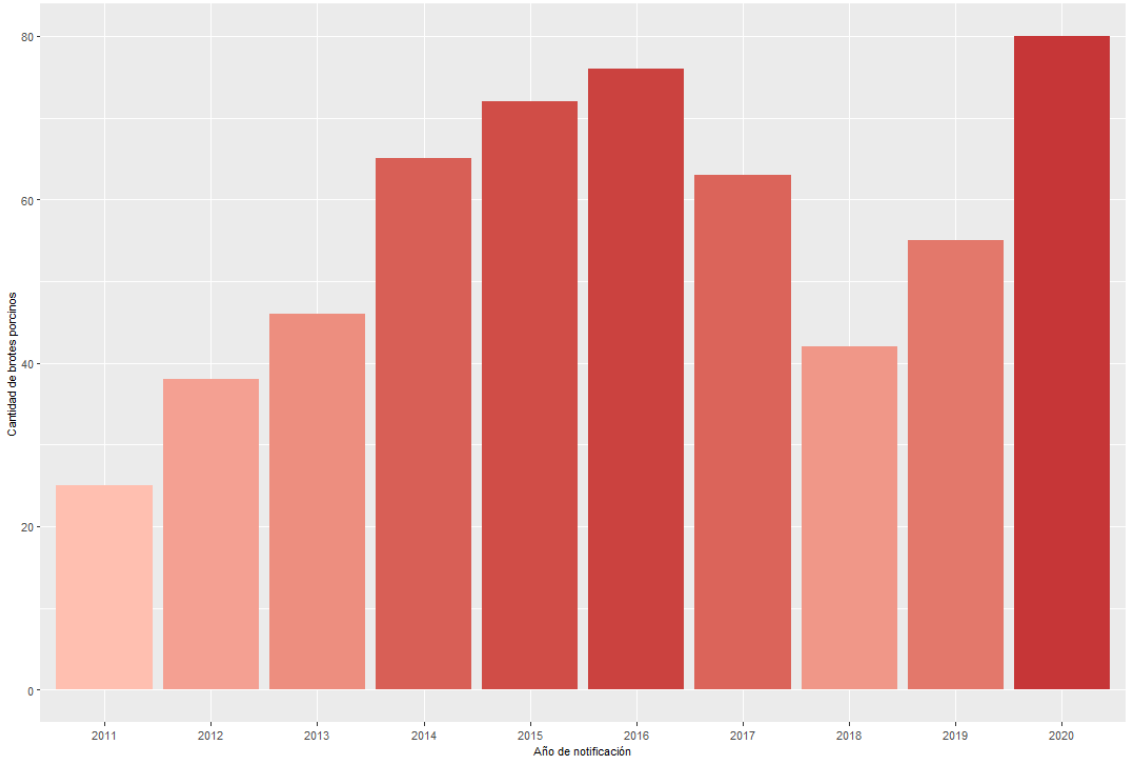

Figura 2. Cantidad de brotes de trichinellosis porcina confirmados según año de notificación. Argentina - Total país. Período 2011 - 2020. N= 557. Fuente: SENASA.

Sistema de vigilancia

La trichinellosis se manifiesta en forma de brote en humanos y como brote en porcinos. Los casos y brotes de trichinellosis constituyen eventos de notificación obligatoria (ENO), normativizados según Res. 2827/2022 que actualiza las Normas y Procedimientos de Vigilancia y Control de Enfermedades y Eventos de Notificación Obligatoria en el marco de la Ley 15.465 “Régimen legal de las enfermedades de notificación obligatoria”. Según establece la norma, están obligados a notificar, los médicos, médicos veterinarios, bromatólogos, bioquímicos, biólogos y otros profesionales de la salud que participen de la detección o seguimiento de eventos de notificación obligatoria (“BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - MINISTERIO DE SALUD - Resolución 2827/2022,” n.d.).

Un caso se clasifica como "*notificado*" cuando queda registrado en el sistema oficial de notificación establecido por el Ministerio de Salud de la Nación. Desde 2018, el Sistema Nacional de Vigilancia de la Salud -SNVS2- se ha designado como el sistema oficial de notificación para los Eventos de Notificación Obligatoria (Anonymous, 2021). Según la Res. 2827/2022 la enfermedad se encuentra clasificada dentro de la categoría *Eventos*

Transmisibles, Subcategoría *Enfermedades Transmitidas por alimentos, agua o ruta fecal-oral* y Grupo *Trichinellosis (Triquinosis).*

Se considera un caso sospechoso aquel paciente con antecedentes de haber consumido carne de cerdo o animal silvestre, así como sus productos y derivados, hasta 45 días antes de manifestar síntomas, y que presente fiebre junto con uno o más de los siguientes signos o síntomas: edema facial y/o periorbital, mialgias, conjuntivitis tarsal bilateral, y/o diarrea, eosinofilia y/o enzimas musculares elevadas (LDH, CPK, etc). Un caso se cataloga como probable si el paciente sospechoso arroja un resultado positivo o indeterminado en la prueba de tamizaje serológico (ELISA), o si los títulos de Inmunofluorescencia Indirecta (I.F.I.) son iguales o superiores a 1/64 en una muestra tomada entre los 5 y 45 días posteriores al inicio de los síntomas. Se confirma un caso cuando cuenta con un diagnóstico inmunológico positivo, como un Western blot positivo en una muestra tomada entre los 5 y 45 días después del inicio de los síntomas, o una conversión serológica por I.F.I. en muestras emparejadas tomadas durante el mismo período. La confirmación por nexo epidemiológico se establece cuando un caso sospechoso tiene una fuente común con un caso confirmado por laboratorio. Un caso se descarta si, siendo probable o sospechoso, arroja resultados negativos en las pruebas de IFI o Western blot en una muestra obtenida al menos 45 días después del inicio de los síntomas (Anonymous, 2022).

Control de la infección

Las estrategias de control de esta enfermedad se centran en prevenir la infección tanto en cerdos, animales silvestres como en humanos. Para evitar la trichinellosis porcina, se prioriza la crianza de cerdos en condiciones higiénicas adecuadas, así como la inspección obligatoria de sus carnes en los mataderos para detectar la presencia de parásitos.

Para prevenir la infección en humanos, se enfatiza la educación sanitaria de la población, promoviendo prácticas que reduzcan el riesgo de contagio, como la cocción completa de la carne de cerdo y de animales de caza, además del consumo de carnes certificadas sanitariamente. Asimismo, la notificación obligatoria de casos, la formación de los criadores de cerdos y la capacitación de profesionales de la salud para un diagnóstico temprano son herramientas cruciales en la prevención y control de esta zoonosis.

2) Evaluación de la exposición

Esencialmente el modelo fue desarrollado empleando los datos generados directamente sobre la cadena alimentaria de la carne porcina. Se emplearon datos específicos de Argentina generados por los organismos oficiales y de estudios específicamente desarrollados de acuerdo a las necesidades de información. Cuando no estuvieron disponibles los datos necesarios específicos de Argentina para modelar diferentes etapas de la cadena, se emplearon datos reportados por la literatura científica internacional.

El modelo conceptual sobre el cual se diseñaron las relaciones matemáticas se muestra en la Figura 3. Todas las variables empleadas en la construcción de este modelo de evaluación de riesgos, así como las distribuciones de probabilidad seleccionadas y sus parámetros se presentan en la Tabla 1.

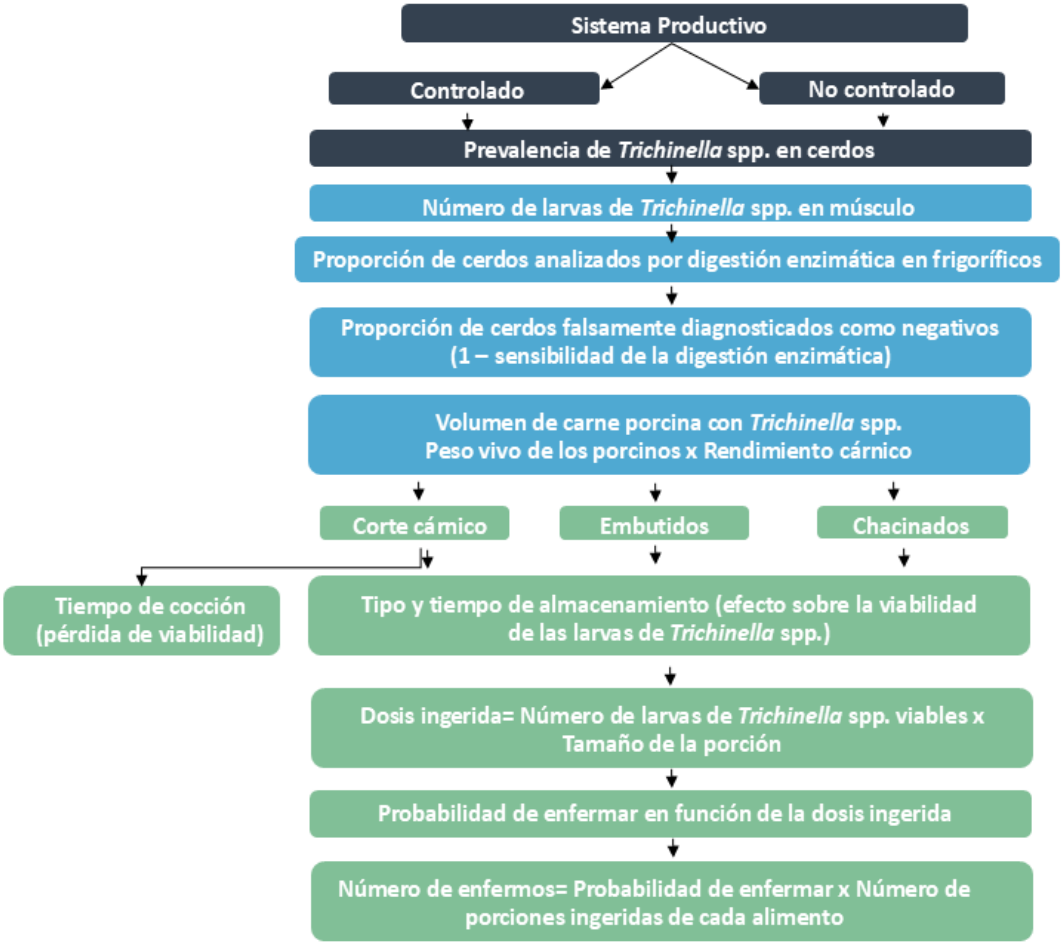

Figura 3: Modelo conceptual de la probabilidad de enfermar de trichinellosis por el consumo de carne, embutidos y salazones elaborados con carne de cerdo.

a) Tipo de crianza de cerdos en producción primaria

Un primer aspecto central de esta evaluación de riesgos fue estimar la proporción de porcinos que son criados y comercializados de manera controlada. Se definió al circuito controlado como aquel en el cual tanto la crianza de los animales como la faena se encuentran bajo control de la autoridad sanitaria competente (SENASA, autoridades provinciales o municipales). Por su parte, el circuito no controlado es aquel en el cual la faena de los animales no está controlada por una autoridad sanitaria competente y, por ende, no se puede garantizar que se realicen análisis para la detección de *Trichinella* spp. en músculos.

En los sistemas de producción primaria de cerdos que emplean buenas prácticas de producción agropecuarias y que incluyen principalmente el confinamiento, la exclusión de la vida silvestre, el control de ratas o ratones, el riesgo de infección por *Trichinella* spp. es mínimo (Ribicich *et al.*, 2009). En contraposición, la trichinellosis se presenta habitualmente cuando se identifican como factores de riesgo la crianza de cerdos al aire libre, la alimentación con residuos domiciliarios, la exposición a la vida silvestre y la falta de controles sanitarios (Sequeira *et al.*, 2013).

Considerando los datos reportados por SENASA, se faenaron en Argentina durante el año 2022 un total de 7.709.536 porcinos, cifra que fue empleada para modelar la variabilidad en el número de animales faenados durante un año en sistemas controlados (SENASA, 2022b). Según datos aportados por CONINAGRO (2018), la proporción de cerdos faenados en sistemas comerciales corresponde al 77% del total anual.

Los frigoríficos con habilitación oficial ajustan los controles de calidad a las normas establecidas por el organismo regulador correspondiente. El 100% de los establecimientos realizan controles de trichinellosis (Iglesias and Ghezan, 2013). En el año 1999, Argentina modifico la normativa en relación a la técnica de digestión artificial para la investigación de *T. spiralis* en las carnes porcinas para consumo (“Resolución 740/99 del 13/7/99,” n.d.). En el año 2006, a través de la implementación del Programa de Control y Erradicación de la trichinellosis porcina en la República Argentina, esta técnica diagnóstica se desarrolla en forma obligatoria en todos los frigoríficos con habilitación oficial (Resolución 555 – SENASA). Esta resolución fue modificada y mejorada por la Resolución 1035/2024 (Anonymous, 2024).

b) Prevalencia de *Trichinella* spp. en cerdos

En el circuito oficial, el abastecimiento de materia prima para la faena se realiza a partir de la compra directa a productores y unos pocos establecimientos compran también a

intermediarios, siendo la adquisición de animales en pie, la modalidad más común (INTA, 2013).

En el período 1990 – 2004 se detectaron en la faena 53 animales positivos a *Trichinella* spp. sobre un total de 3.643.487 porcinos evaluados, resultando en una prevalencia inferior al 0,0021% (Ribicich *et al.*, 2005). Por otro lado, la prevalencia de porcinos infectados por *Trichinella* spp. y que son criados en sistemas no controlados es mayor. Se identificaron muchos estudios a nivel nacional que evaluaron la prevalencia en producciones de subsistencia y familiares (Bolpe, 2006; Costantino *et al.*, 2009; Guarnera *et al.*, 2006; Krivokapich *et al.*, 2006; Larrieu *et al.*, 2004; Ribicich *et al.*, 2009, 2005, 2004; Riva *et al.*, 2005). No obstante, no es posible determinar si estos estudios fueron aleatorios entre piaras del circuito no controlado o si corresponden a estudios de casos y controles a partir de brotes de trichinellosis. Este dato resulta relevante considerando que, si corresponden a estudios de brote, la prevalencia en el circuito no controlado se sobreestimaría. Por lo anterior, se desechó esta información para estimar la prevalencia de porcinos parasitados en sistemas no controlados. Por otra parte, se tuvo acceso a resultados de pruebas de digestión artificial realizadas en el Laboratorio de la Provincia de Buenos Aires durante los años 2016 y 2017. Durante esos dos años se analizaron 64.468 muestras, de las cuales 102 arrojaron resultados positivos a la digestión enzimática, siendo la prevalencia puntual de 0,16%. Estas muestras corresponden a establecimientos no controlados que, de manera voluntaria, enviaban muestras para analizar. Por lo tanto, los resultados no están sesgados y permiten tener una idea más clara de la prevalencia de *Trichinella* spp. en porcinos criados en sistemas no controlados, la cual fue modelada (PtriqNc) empleando una distribución Beta. Esta distribución permitió capturar la variabilidad intrínseca de este parámetro y la incertidumbre sobre su verdadero valor.

c) Prevalencia de *Trichinella* spp. en los músculos de porcinos faenados

La carga de larvas de *Trichinella* spp. en los músculos de los porcinos está condicionada, entre otros factores, por la exposición a fuentes de infección. A mayor exposición, mayor cantidad de larvas encapsuladas. Es de esperar que en los sistemas productivos controlados, las condiciones de bioseguridad de las granjas limiten el contacto con potenciales fuentes del parásito y que, de darse ese contacto, la exposición sea baja. Por lo tanto, se modeló la carga de larvas encapsuladas de *Trichinella* spp. de manera variable entre 0,1 y 0,8 larvas por gramo de músculo.

Para modelar la carga parasitaria en porcinos criados en sistemas no controlados, se empleó la información reportada por Ribicich *et al.* (2001), quienes expusieron de manera experimental a porcinos con diferentes dosis de larvas y evaluaron la carga de larvas en los músculos. Considerando los músculos de valor comercial, la concentración de larvas de *Trichinella* spp. fue variable entre 0 y 380 larvas por gramo de músculo, con un valor más probable de 8 larvas. Estos datos se emplearon para modelar la variabilidad en la carga parasitaria.

d) Diagnóstico de *Trichinella* spp. en faena

El diagnóstico de *Trichinella* spp. durante el proceso de faena es diferente en función del tipo de sistema del que provenga el porcino. En los sistemas no controlados no suele realizarse un procedimiento de diagnóstico para evaluar la presencia de larvas de *Trichinella* spp. No obstante, tampoco se puede descartar que en producciones familiares se tomen muestras para ser analizadas. Por tal motivo, se consideró que el 10% de la faena no controlada era sometida a pruebas diagnósticas. Por su parte, la totalidad de los porcinos faenados de sistemas controlados deben ser evaluados mediante digestión artificial enzimática por normativa del SENASA. Los animales que dan positivo al análisis obligatorio en frigorífico son decomisados y retirados del circuito comercial de acuerdo a lo establecido en la normativa vigente (Anonymous, 2024). Si bien la normativa obliga al análisis del 100% de la faena, se tomó un valor algo menor (99,5%) para incorporar variabilidad en este parámetro.

Un aspecto relevante del diagnóstico es la sensibilidad epidemiológica de la técnica, la cual es dependiente de la carga de larvas por gramo de músculo y de la cantidad de muestra tomada para realizar la prueba. De tal forma, a mayor cantidad de larvas presentes en el músculo y a mayor cantidad de gramos de muestra analizada, mejor es la capacidad de la digestión artificial enzimática para detectarlas. En Argentina, el SENASA dispuso tomar 5 g de músculo para la realización de la metodología, lo cual incrementa la sensibilidad diagnóstica. Para modelar la variabilidad en la sensibilidad de la técnica diagnóstica se emplearon los datos reportados por Gamble (1998, 1996) y Forbes and Gajadhar (1999). Para cada reporte se consideraron por separado los resultados de muestras positivas sobre muestras totales analizadas para cada estrato de carga larvaria (<1 larva por gramo vs ≥1 larva por gramo).

e) Peso de las canales de porcinos

La canal de cerdo faenada en la Argentina tiene un peso promedio de 89,04 kg (DS 85,7-91,6 kg) con un rendimiento de porcentaje magro de 55,68% (DS 48,0-60,4%) en

promedio, donde las variaciones corresponden a la evaluación de distintas razas (Landrace, Large White, Duroc, Pietrain, Hampshire) (Sequeira *et al.*, 2016).

f) Proporción de la canal porcina destinada a cada producto

Para estimar la proporción de carne de porcino destinada a ser vendida como corte cárnico o para la elaboración de embutidos y chacinados, se empleó la información aportada por CAICHA (2023). De la totalidad de la carne porcina producida, aproximadamente el 42% se destina al consumo de cortes cárnicos, mientras que el 58% restante se deriva a la elaboración de chacinados. Dentro de los chacinados, la mayor parte se deriva a la producción de fiambres cocidos (28%), salchichas (25%) y hamburguesas (14%), mientras que la producción de embutidos secos (ej.: Salamines) y salazones secas (ej.: bondiola, panceta) representan el 11% y 3% de los chacinados, respectivamente (CAICHA, 2023). Para modelar la variabilidad existente en dichos parámetros se emplearon distribuciones Beta.

g) Consumo de corte cárnico

Las larvas de *Trichinella* spp. contenidas en los cortes cárnicos pierden viabilidad en función del tiempo de almacenamiento. Resulta por lo tanto imprescindible modelar la carga de larvas que efectivamente constituirán la dosis que recibirán los consumidores. En este sentido, los cortes cárnicos adquiridos por los consumidores pueden ser almacenados en refrigeración o congelación. La proporción de cortes almacenados de una u otra forma fue modelada empleando como insumo una encuesta realizada en el año 2019 a consumidores nacionales (Brusa et al., 2020). Si bien esa encuesta estaba enfocada al consumo de carne bovina, y no habiendo encuestas específicas sobre carne porcina, se consideró que los parámetros podrían ser equivalentes. En dicha encuesta, sobre un total de 5.658 hogares distribuidos en todo el país, 2.294 almacenaban la carne bajo refrigeración (Alm).

La pérdida de viabilidad de las larvas de *T. spiralis* a lo largo del almacenamiento (Mlarvas) fue modelada empleando los datos aportados por Randazzo *et al.* (2011). En este estudio se determinó el efecto de diferentes temperaturas sobre la viabilidad de larvas libres y encapsuladas de *T. spiralis* aisladas en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Se trataron larvas libres y encapsuladas a diferentes temperaturas (-30 °C, -20 °C, 4 °C, 20 °C, calentamiento gradual entre 0-100 °C) y se determinó el tiempo necesario para matar el 100% de las larvas. Adicionalmente, se construyeron modelos de regresión lineal polinómica para contemplar el efecto del tiempo y de la temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad de las larvas. Para

los fines de la presente evaluación de riesgos se utilizó el modelo de regresión lineal polinómica correspondiente a una temperatura de almacenamiento de 4º C para el caso del almacenamiento bajo refrigeración, y de -20° C para el caso de almacenamiento bajo congelación.

El término "días" que forma parte de dicha regresión fue reemplazado por la distribución de probabilidades correspondiente a la vida útil del producto embutido durante su almacenamiento. Este parámetro fue modelado mediante distribuciones discretas, tomando en cuenta las respuestas obtenidas a partir de la encuesta realizada a los hogares. El almacenamiento bajo refrigeración se realiza por un período máximo de cuatro días, aunque la mayoría de los consumidores sólo lo almacena de esta forma durante dos días (Tccref). Por otra parte, el tiempo máximo de almacenamiento bajo congelación es de 14 días, aunque la mayor parte de los consumidores lo almacena de esta manera durante 2 a 4 días (Tcccon).

El número de larvas que efectivamente habría sobrevivido al período de almacenamiento (Nlsob) fue estimado a partir de la carga de larvas de *T. spiralis* presentes en el músculo de los porcinos faenados y de la proporción estimada de larvas que sobreviviría al almacenamiento del corte cárnico luego de aplicar la ecuación polinómica (Mlarvas). Con la finalidad de capturar la variabilidad existente en el número de larvas infectantes, el valor de Nlsob fue incorporado a una distribución Poisson.

Finalmente, la carne se consume cocida y el grado de cocción dependerá de la preferencia que tenga el consumidor. Para modelar la variabilidad en el grado de cocción (Cocc) se emplearon los datos generados a partir de la encuesta a los hogares de Argentina. La temperatura que alcanza el centro de la masa cárnica durante la cocción dependerá de la preferencia de los consumidores, y la variabilidad en cada punto se estimó a partir de distribuciones uniformes. La supervivencia de las larvas durante la cocción se estimó a partir de la función polinómica reportada por Randazzo *et al.* (2011).

El tamaño de la porción de cortes cárnicos de porcinos fue estimado a partir de los datos publicados por la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud (Ministerio de Salud, 2012). Una persona adulta consume, en promedio 110 gramos de carne por porción. Finalmente, la dosis de larvas de *T. spiralis* consumida fue estimada a partir del número de larvas que sobreviven a la cocción y el tamaño de la porción consumida.

h) Consumo de embutidos

La carne y las grasas constituyen las principales materias primas de los embutidos crudos y crudo-curados. Las tripas, las especias y los aditivos son también componentes

de la formulación y, para el caso de los productos cocidos, el agua o el hielo tienen una participación destacada (Rosmini and Schneider, 2000).

En la elaboración de salamines en Argentina se utilizan distintas recetas en cuanto a la cantidad de carne que se agrega al producto teniendo en cuenta preferencias culturales. El salamín de mayores características organolépticas se elabora con el 100% de carne de cerdo, aunque en algunos casos se agrega un porcentaje de carne de bovino en proporción 70/30 (porcino/bovino) (Iglesias and Ghezan, 2013).

En el caso de que el embutido se elabore sólo con carne de cerdo y por medio de técnicas tradicionales, para los fines de la presente evaluación de riesgos, se ha considerado la siguiente formulación: 85% de carne de cerdo, grasa de cerdo 10%, cloruro sódico 2,6%, azúcar (sacarosa) 0,4%, almidón 1,5%, aditivos aglutinantes y saborizantes 0,9%, el nitrito y el nitrato de 0,017% (Fontana *et al.*, 2005).

Teniendo en cuenta la variabilidad existente en las formulaciones de los embutidos y chacinados en nuestro país, muchas de las cuales son producto de tradiciones y recetas artesanales, la proporción de carne de cerdo que forma parte de un embutido (Pcemb), fue modelada empleando una distribución Uniforme. El límite inferior de dicha distribución se estimó considerando que la carne porcina representa el 70% de la totalidad de la carne incluida en la formulación (relación carne porcina:carne bovina = 70:30), siendo entonces el parámetro estimado en 59,5%. El límite superior de dicha distribución fue fijado en 85% contemplando una formulación con exclusiva participación de carne porcina.

En cuanto al consumo de embutidos por persona y por día (Consemb) se emplearon los datos aportados por el Ministerio de Salud (2012), que estima que el tamaño medio de la porción de embutidos en Argentina es de 28,9 g. Para obtener la cantidad de carne de cerdo que efectivamente consume una persona por porción de embutidos (Ccpor) se empleó la corrección por la proporción de carne que forma parte de un embutido (Pcemb).

El número de larvas de *T. spiralis* presente en una porción de embutidos al inicio de su vida útil (Nlemb) fue estimado multiplicando la cantidad de carne de porcino consumida por la carga de larvas por gramo de carne al momento de su elaboración.

La vida útil de los embutidos es variable, pero para los efectos de esta evaluación de riesgos se consideró que una persona podría consumirlos al día de enviado al comercio hasta un tiempo máximo de 75 días (Vuemb) (Herrera Cano, 2011). Las larvas pierden viabilidad a lo largo del almacenamiento de los embutidos, producto del efecto conjunto

de la reducción de la aw (aunque su rol es menor), la concentración de sal y el descenso en el pH. Se han realizado diferentes estudios que evaluaron la supervivencia de las larvas de *T. spiralis* en embutidos de diferente composición y características (Hill *et al.*, 2017; Johne *et al.*, 2020; Kayfus *et al.*, 1982; Smith *et al.*, 1989). En términos generales, cuando el pH del embutido desciende a 4,6 y la concentración de NaCl en el embutido es >1,3%, la viabilidad de las larvas no se extiende más allá de 8 días. Si el pH es >4,6 pero <5,2, la viabilidad de las larvas dependerá de la concentración de NaCl, pudiendo ser de 11 días si la concentración se mantiene entre 1,3 y 1,8%, de 9 días a concentraciones entre 1,8 y 2,8% o de 8 días a concentraciones >2,8%. Si bien no existen estudios que hayan propuesto ecuaciones que predigan la viabilidad de las larvas en función de los cambios en el pH y la concentración de sal, se puede establecer como regla general que las larvas tienen un período de viabilidad en los embutidos (Tinemb) que va de 5 a 15,5 días, con un valor promedio de 8 días. Con la finalidad de simplificar el modelo, se consideró que la tasa de mortalidad de las larvas (Tmoremb) es constante a lo largo del período de viabilidad. Finalmente, si el embutido se consume en un tiempo posterior al Tinemb, no quedarán larvas viables. Por otro lado, si se consume antes del Tinemb, las larvas viables serán proporcional a la Tmoremb, calculándose de tal modo la dosis consumida por porción de embutidos (Dosisemb).

i) Consumo de salazones

En cuanto al consumo de salazones por persona y por día (Conssal), se emplearon los datos aportados por el Ministerio de Salud (2012), que estima que el tamaño medio de la porción de salazones en Argentina es de 61,59 g. El número de larvas de *Trichinella* spp. presentes por porción de embutidos al inicio de su vida útil (Nlsal) fue estimado multiplicando la cantidad de carne de porcino consumida por la carga de larvas por gramo de carne al producirse la salazón.

La vida útil de las salazones es variable, pero para los efectos de esta evaluación de riesgos se consideró que una persona podría consumirlos al día de enviado al comercio hasta un tiempo máximo de 240 días (Vusal). Las larvas pierden viabilidad a lo largo del almacenamiento de las salazones, producto del efecto conjunto de la reducción de la aw y de la concentración de sal. Se han realizado diferentes estudios que evaluaron la supervivencia de las larvas de *T. spiralis* en salazones de diferente composición y características (Kayfus *et al.*, 1982; LIN *et al.*, 1990; Medina-Lerena *et al.*, 2009). En términos generales, las larvas tienen un período de viabilidad (Tinsal) que va de 5 a 15,5 días, con un valor promedio de 8 días. Con la finalidad de simplificar el modelo, se

consideró que la tasa de mortalidad de las larvas (Tmorsal) es constante a lo largo del período de viabilidad. Finalmente, si la salazón se consume en un tiempo posterior al Tinsal, no quedarán larvas viables. Por otro lado, si se consume antes del Tinsal, la cantidad de larvas viables será proporcional a la Tmorsal, calculándose de tal modo la dosis consumida por porción de salazón (Dosissal).

Tabla 1. Distribuciones de probabilidad contempladas en el modelo

Variable	Descripción	Unidad	Distribución/Modelo
Producción primaria			
P_{Nc}	Probabilidad de que los animales provengan de establecimientos no controlados	Probabilidad	~Bernoulli(0,23)
N_f	Número de porcinos faenados anualmente	Número	~Normal(7709536;2776)
N_{pc}	Número de porcinos criados en establecimientos controlados faenados anualmente	Número	N_f x (1 – P_{Nc})
N_{pNc}	Número de porcinos criados en establecimientos no controlados faenados anualmente	Número	N_f - N_{pc}
P_{triqc}	Prevalencia de porcinos positivos a *Trichinella* spp. en criaderos controlados	Probabilidad	~Beta(53;36.43.487)
P_{triqNc}	Prevalencia de porcinos positivos a *Trichinella* spp. en criaderos no controlados	Probabilidad	~Beta (103;64.367)
$N_{larvasNc}$	Número de larvas de *Trichinella* spp. en músculos porcinos en sistemas no controlados	Larvas/g carne porcina	~PERT(0;8;380)
$N_{larvasc}$	Número de larvas de *Trichinella* spp. en músculos porcinos en sistemas controlados		~UNIFORME(0,1;0,8)
Faena			
P_{pdc}	Proporción de porcinos analizados mediante digestión artificial enzimática en sistemas controlados	Probabilidad	~UNIFORME(0,995;1)
P_{pdNc}	Proporción de porcinos analizados mediante digestión artificial enzimática en sistemas no controlados	Probabilidad	~UNIFORME(0,0;0,1)

$Se_{<1}$	Sensibilidad de la digestión artificial en muestras <1 larva por gramo	Probabilidad	~BETA(33;28)
$Se_{>1}$	Sensibilidad de la digestión artificial en muestras >1 larva por gramo	Probabilidad	~UNIFORME(326;2)
N_{fnc}	Número de porcinos falsos negativos en sistemas controlados		N_{pc} x P_{triqc} x P_{pdc} x (1-Se) + N_{pc} x P_{triqc} x P_{pdc}
P_{fnc}	Probabilidad de porcinos falsos negativos en sistemas controlados	Probabilidad	$(1-P_{Nc})$ x P_{triqc} x P_{pdc} x (1-Se) + $(1-P_{Nc}$ x P_{triqc} x P_{pdc}
N_{fnNc}	Número de porcinos falsos negativos en sistemas no controlados		N_{pNc} x P_{triqNc} x P_{pdNc} x (1-Se) + N_{pNc} x P_{triqNc} x P_{pdNc}
P_{fnNc}	Probabilidad de porcinos falsos negativos en sistemas no controlados	Probabilidad	P_{Nc} x P_{triqNc} x P_{pdNc} x (1-Se) + P_{Nc} x P_{triqNc} x P_{pdNc}
Peso	Peso de los porcinos faenados	Kg	~PERT(85,7; 89,04; 91,6)
Rend	Rendimiento de tejido magro por canal	%	~PERT(48,0; 55,7; 60,4)
P_{carne}	Probabilidad de destino a corte cárnico	Probabilidad	~BETA(400.505; 546.000)
P_{emb}	Probabilidad de destino a embutidos	Probabilidad	(1 – P_{carne}) x 0,11
P_{cha}	Probabilidad de destino a chacinados	Probabilidad	(1 - P_{carne}) x 0,03
Consumo de cortes cárnicos			
Alm	Tipo de almacenamiento del corte cárnico		~BETA(2295; 3365)
T_{ccref}	Tiempo de almacenamiento del corte cárnico en refrigeración	Días	~Discreta(1;2;4; 306;0,648;0,046)
T_{cccon}	Tiempo de almacenamiento del corte cárnico en congelación	Días	~Discreta(1;2;4;6;14; 0,051;0,395;0,249;0,025;0,28)
M_{larref}	Pérdida de viabilidad de las larvas de *T. spiralis* a lo largo del almacenamiento bajo refrigeración		Int + (Días x T_{ccref}) + (Días^2 x (T_{ccref})^2) + Grupo + (Días x Grupo) + Error
Int	Intercepto	Modelo	~Normal(-646,1;332,3)
Días	Parámetro “Días” de la función polinómica		~Normal(70,25;4,964)
Días^2	Parámetro “Días^2” de la función polinómica		~Normal(-0,234;0,016)
Grupo	Parámetro “Grupo” de la función polinómica		~Normal(31,4;16,17)
DxG	Parámetro “Días x Grupo” de la función polinómica		~Normal(-3,258;0,241)

D^2xG	Parámetro "Días^2 x Grupo" de la función polinómica		~Normal(0,011;0,001)
Error	Parámetro "Error" de la función polinómica		19,6
N_{lsob}	Número de larvas que sobreviven al almacenamiento del corte cárnico bajo refrigeración		*~Poisson(N_{larva} X M_{laref})*
M_{larcon}	Pérdida de viabilidad de las larvas de *T. spiralis* a lo largo del almacenamiento bajo congelación		Int + (Días x T_{ccref}) + (Días^2 x (T_{ccref})^2) + Grupo + Error
Int	Intercepto	Modelo	~Normal(1011;150,7)
Días	Parámetro "Días" de la función polinómica		~Normal(3,716;0,303)
Días^2	Parámetro "Días^2" de la función polinómica		~Normal(-0,012;0,002)
Grupo	Parámetro "Grupo" de la función polinómica		~Normal(-39,49;7,296)
Error	Parámetro "Error" de la función polinómica		20,97
N_{lsob}	Número de larvas que sobreviven al almacenamiento del corte cárnico bajo congelación		*~Poisson(N_{larva} X M_{larcon})*
Cocc	Preferencia del grado de cocción		*~discretasim(1;2;3;4;5; 0,005;0,064;0,201;0,186;0,544)* *1= rojo; 2= rojo-rosado; 3= rosado; 4= cocido; 5= bien cocido*
T_{rojo}	Temperatura de cocción según preferencia del grado de cocción	°C	*~Uniforme(54,4; 58,6)*
$T_{rojorosado}$			*~Uniforme(58,6; 62,7)*
T_{rosado}			*~Uniforme(62,7; 65,6)*
T_{cocido}			*~Uniforme(65,6; 68,3)*
$T_{biencoc}$			*~Uniforme(68,3; 75)*
M_{larcoc}	Pérdida de viabilidad de las larvas de *T. spiralis* debido a la cocción		Int + (*Temp* x T_{cocc}) + (*Temp^2* x T_{cocc})^2) + (*Temp^3* x T_{cocc})^3 + Error
Int	Intercepto	Modelo	~Normal(38,58; 32,401)
Temp	Parámetro "Temperatura" de la función polinómica		~Normal(-9,293; 2,951)

$Temp^2$	Parámetro "Temperatura^2" de la función polinómica		~Normal(0,327;0,071)
$Temp^3$	Parámetro "Temperatura^3" de la función polinómica		~Normal(-0,002; 0,001)
Error	Parámetro "Error" de la función polinómica		51,5
N_{lsob}	Número de larvas que sobreviven a la cocción del corte cárnico		$\sim Poisson(N_{lar} \text{ X } M_{larcoc})$
T_{porcc}	Tamaño de la porción de corte cárnico	Gramos	$\sim logNormal(110,8; 78,8)$
$N_{larcons}$	Número de larvas consumidas en cortes cárnicos		$\sim Poisson(N_{lsob} \text{ x } T_{porcc})$
Consumo de embutidos			
P_{cemb}	Proporción de carne de cerdo que forma parte de un embutido		$\sim Uniforme(0,595;0,85)$
$Cons_{emb}$	Tamaño de la porción de embutidos		$\sim Lognormal(28,9;20,6)$
C_{cpor}	Cantidad de carne de cerdo que efectivamente consume una persona por porción de embutidos		$Cons_{emb} \text{ x } P_{cemb}$
N_{lemb}	Número de larvas por porción de embutidos recién elaborados		$\sim Poisson(N_{larva} \text{ x } C_{cpor})$
V_{uemb}	Vida útil de los embutidos	Días	$\sim Uniforme(0;75)$
T_{inemb}	Tiempo de inactivación de larvas	Días	$\sim PERT(5;8;15,5)$
T_{moremb}	Tasa de mortalidad de las larvas		$1/T_{inemb}$
$Dosis_{emb}$	Dosis de larvas por porción de embutidos		$\sim Poisson(N_{lemb}*((1-(1/T_{inemb})*V_{uemb}))$
Consumo de Salazones			
$Cons_{sal}$	Tamaño de la porción de salazones	gramos	$\sim Lognormal(61,59;22,9)$
N_{lsal}	Número de larvas por porción de salazón recién elaborada		$\sim Poisson(N_{larva} \text{ x } Cons_{sal})$
V_{usal}	Vida útil de las salazones	Días	$\sim Uniforme(0;240)$
T_{insal}	Tiempo de inactivación de larvas	Días	$\sim PERT(5;8;15,5)$
T_{morsal}	Tasa de mortalidad de las larvas		$1/T_{insal}$
$Dosis_{sal}$	Dosis de larvas por porción de salazones		$\sim Poisson(N_{lsal}*((1-(1/T_{insal})*V_{usal}))$

3. Caracterización del peligro: relación dosis-respuesta.

La estimación de la probabilidad de que un consumidor adquiera la enfermedad posterior al consumo de una porción de corte cárnico, embutido o salazón, fue modelada a partir de la relación dosis-respuesta propuesta por Takumi *et al.* (2009). En dicho estudio se simuló experimentalmente la transmisión de *T. spiralis* a lo largo de la ruta rata–porcino–humano. De esta forma se evaluó el riesgo de transmisión del parásito siguiendo el mecanismo natural de transmisión de la enfermedad. Los parámetros empleados para esta etapa se presentan en la Tabla 2.

La probabilidad de infección promedio (Ppinf) fue estimada en 0,032 por larva del parásito ingerida con un rango en los percentiles 10% y 90% de 0,0018 y 0,37, respectivamente. Estos valores fueron empleados para diseñar una distribución PERT que modele la variabilidad en la probabilidad de infección por larva de *T. spiralis* consumida. La probabilidad de enfermar por consumo de una porción de cada tipo de producto alimenticio a base de carne porcina (Pinf) fue estimada multiplicando la probabilidad de enfermar por larva ingerida (Ppinf) por la distribución de probabilidad del número de larvas consumidas en una porción de alimento.

Finalmente, la probabilidad de que una persona enferme por consumir una porción de corte cárnico, embutido o salazón en Argentina (Penf) fue estimada multiplicando las siguientes probabilidades independientes: probabilidad de que los animales tengan larvas de *Trichinella* spp. (Ptriq) x probabilidad de que las canales faenadas sean analizadas mediante digestión artificial enzimática (Ppd) x proporción de muestras diagnosticadas falsamente negativas (Pfn) x probabilidad de que las larvas sobrevivan al almacenamiento, cocción o vida útil en función del producto que se trate (Psob) x probabilidad de enfermar por consumo de una porción del producto que se trate (Pinf).

Para estimar el número de casos de trichinellosis (Nenf) que se podrían esperar en Argentina debido al consumo de cortes cárnicos, embutidos o salazones, se modeló el número de porciones de estos productos cárnicos que se elaboran anualmente a nivel nacional. Para ello se estimó que el número de cerdos que se faenan por año en Argentina (Npf) fue de aproximadamente 8.500.000 (considerando la faena en sistemas controlados y la estimada de sistemas no controlados). A partir de lo anterior, se estimó el número de porciones de cada uno de los productos que se consumirían multiplicando el número de porcinos faenados, el rendimiento de las reses porcinas y el tamaño de la porción de cada alimento (Cons).

Tabla 2: Parámetros de la caracterización del peligro

Variable	Descripción	Unidad	Distribución/Modelo
P_{pinf}	Probabilidad de infección promedio		~PERT(0,0018;0,032;0,37)
r	Razón de sexo en las larvas	Valor fijo	0,7
P_{enf}	Probabilidad de enfermar	Probabilidad	$1 + e^{-Dosis \times Ppinf} - e^{-Dosis \times Ppinf \times (1-r)} - e^{-Dosis \times Ppinf \times r}$
N_{enfcc}	Número de enfermos anuales por consumo de cortes cárnicos		$\frac{(((Nf \times Peso) \times Rend) \times Pcarne)}{Tporcc} \times Penf$
N_{enfemb}	Número de enfermos anuales por consumo de embutidos		$\frac{(((Nf \times Peso) \times Rend) \times Pemb)}{Consemb} \times Penf$
N_{enfsal}	Número de enfermos anuales por consumo de salazones		$\frac{(((Nf \times Peso) \times Rend) \times Pemb)}{Consal} \times Penf$

4. Caracterización del riesgo

Las variables de resultado más importantes del modelo fueron la probabilidad de que los consumidores desarrollen trichinellosis por el consumo de carne, embutidos y salazones elaborados con carne de cerdo, así como el número estimado de personas que, anualmente, sería dable esperar padezcan trichinellosis debido al consumo de carne, embutidos y salazones elaborados a partir de la carne porcina producida en Argentina.

La probabilidad de que una persona adquiera trichinellosis posterior al consumo de una porción de corte cárnico, embutido o salazón fue de 3,77 x 10-5 (IC95% $<10^{-10}$ - 1,62 x 10^{-4}), 2,06 x 10^{-6} (IC95% $<10^{-10}$ - 2,29 x 10^{-5}) y 2,23 x 10^{-7} (IC95% $<10^{-10}$ - 5,91 x 10^{-6}), por año, respectivamente (Figura 4).

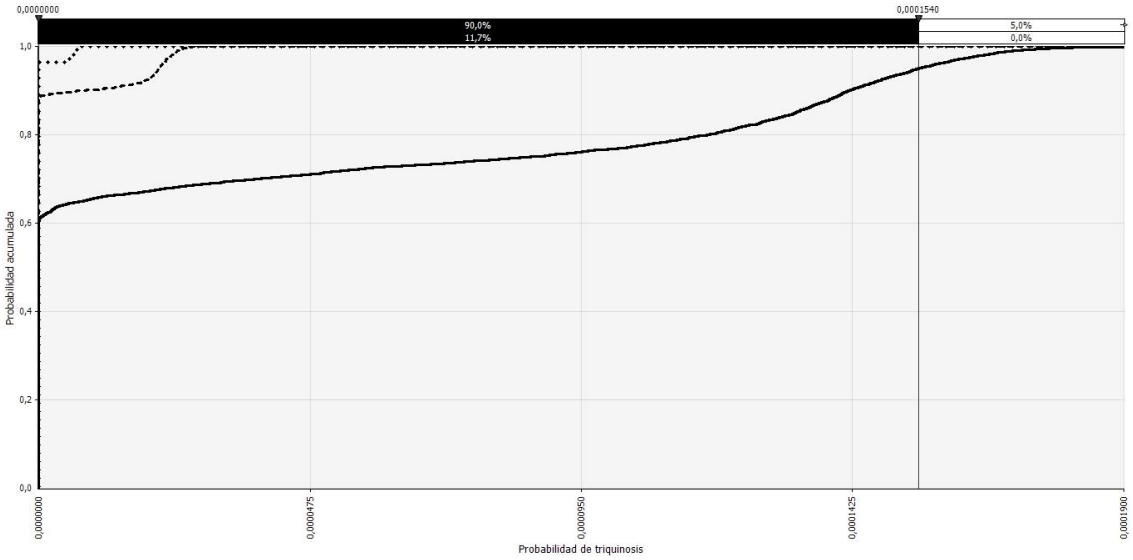

Figura 4. Probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos, embutidos y salazones.

Referencias: Línea sólida= Probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos; Línea discontinuada= Probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de embutidos; Línea de puntos= Probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de salazones.

La probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de alimentos elaborados con carne porcina está marcadamente influenciada por el sistema productivo que se evalúe. La probabilidad de que una persona en Argentina adquiera trichinellosis por consumir un corte cárnico porcino que provino de un sistema controlado ($6,15 \times 10^{-9}$) fue cuatro órdenes de magnitud menor que el riesgo para uno que provino de un sistema no controlado ($3,82 \times 10^{-5}$). Algo similar ocurrió al evaluar el riesgo de trichinellosis por consumo de embutidos elaborados con carne porcina de sistemas controlados ($1,05 \times 10^{-9}$) o de sistemas no controlados ($2,08 \times 10^{-6}$). El riesgo de trichinellosis por consumo de salazones elaboradas con carne porcina de sistemas controlados ($1,37 \times 10^{-9}$) fue de dos órdenes de magnitud menor que para el consumo de salazones elaboradas con carne proveniente de sistemas no controlados ($2,14 \times 10^{-7}$).

En cuanto al número de casos esperados de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos, se observa un sesgo muy importante a la derecha (es decir, hacia los valores extremadamente altos), lo cual tracciona la media hacia valores elevados, distorsionando dicho valor, motivo por el cual esto debe ser analizado con cautela.

El promedio de casos esperados por consumo de cortes cárnicos fue de 17 (IC90% 0 - 87) y 38.545 (0 - 187.000) para sistemas controlados y no controlados, respectivamente. No obstante, en ambos casos, la mediana del número de casos (estimador de tendencia central menos influenciado por valores extremos) fue de 0 en ambos sistemas.

El número de casos esperados de trichinellosis por consumo de embutidos en Argentina es marcadamente diferente en función del tipo de sistema productivo. Cuando los embutidos se elaboran con base en carne porcina generada en sistemas controlados, el promedio de casos fue estimado en 16 casos (IC90% 0 - 48), mientras que en el caso de los sistemas no controlados el promedio estimado fue de 8.762 (IC90% 0 - 68.500). Cabe destacar que en ambos casos la mediana fue de 0 en ambos sistemas.

Por su parte, el número de casos esperados de trichinellosis por consumo de salazones porcinas fue, en promedio, de 13 (IC90% 0 - 27) y 385 (IC90% 0 - 623), respectivamente. En ambos sistemas productivos, la mediana del número de casos esperados fue de 0.

5. Análisis de sensibilidad

La ventaja más importante que presentan los modelos matemáticos en el proceso de evaluación de riesgos, es la posibilidad de analizar el impacto que cada variable de entrada del modelo tiene sobre la probabilidad de que una persona adquiera, en este caso, trichinellosis debido al consumo de carne y productos cárnicos elaborados con carne porcina. De esta manera, una vez identificadas las variables más sensibles o que mayor impacto generan en dicha probabilidad, sería posible seleccionar potenciales intervenciones de manejo con la finalidad de reducir el riesgo de enfermar.

El análisis de sensibilidad es una técnica estadística que indica el grado de alteración (sensibilidad) de la variable de resultado (probabilidad de adquirir trichinellosis) al modificar los parámetros de las variables de entrada.

En cuanto a las variables que mayor impacto tuvieron sobre la probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos, la dosis consumida fue la más relevante. En este sentido, el número de larvas consumidas por porción estuvo, a su vez, influenciado por el tipo de almacenamiento del corte cárnico, la preferencia de cocción y la carga inicial de larvas presentes en el músculo del animal vivo. Cuando los cortes se almacenan por mucho tiempo bajo congelación, a mayor grado de cocción y a menor carga inicial de larvas en músculos, menor fue el riesgo de padecer trichinellosis (Figura 5).

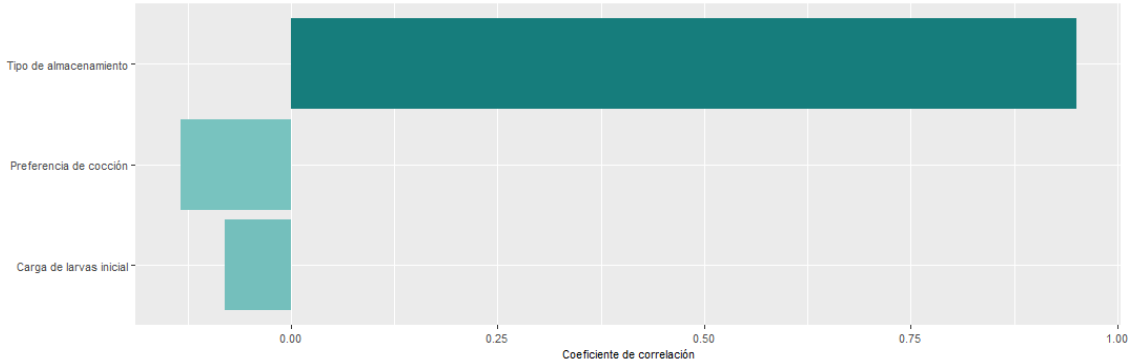

Figura 5. Análisis de sensibilidad de la probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos.

Con respecto a los embutidos y salazones, el único factor que tuvo relevancia sobre el riesgo de enfermar fue el tiempo de almacenamiento de los mismos (r= -0,56 y -0,34, respectivamente). A mayor tiempo de almacenamiento de los embutidos o salazones, menor riesgo de trichinellosis.

6. Análisis de escenarios

En un análisis de escenarios se modela el efecto que tendría la aplicación de alguna medida de manejo o el impacto de alguna situación social o económica particular sobre la probabilidad de enfermar. La información generada a partir de este análisis puede ser empleada por los gestores de riesgo, quienes determinan la/s mejor/es estrategia/s de manejo del peligro analizado, la/s cual/es puede/n ser evaluada/s antes de su aplicación práctica y estimar la reducción del riesgo que cada una de ellas generaría. Adicionalmente, permitiría evaluar la situación sanitaria que se podría presentar de concretarse situaciones socioeconómicas adversas.

Se evaluaron varios escenarios: a) incremento de la proporción de carne obtenida a partir de porcinos en sistemas no controlados destinada a la elaboración de embutidos entre el 60 y 80%, b) incremento de la proporción de carne obtenida a partir de porcinos en sistemas no controlados destinada a la elaboración de embutidos entre el 80 y 90%, c) incremento de la proporción de porcinos criados en sistemas no controlados entre el 35 y 40%, d) reducción de la proporción de porcinos criados en sistemas no controlados entre el 10 y 15%, e) todos los porcinos faenados en el país, independientemente del sistema, son analizados por digestión artificial, y f) se emplean 3 g de músculo para analizar mediante digestión artificial la carne porcina en sistemas controlados.

Los resultados de la probabilidad de enfermar por consumo de cortes cárnicos, embutidos y salazones, se presentan en la Tabla 3. Cuando se modeló un incremento en la proporción de carne producida en sistemas no controlados que se deriva a la producción de embutidos (atendiendo a que la mayor parte de la carne generada en estos sistemas se emplea para la elaboración de este tipo de productos), se destaca un incremento de 11 y 13 veces en la probabilidad de enfermar cuando se modeló derivar entre el 60-80% y 80-90% de la carne producida, respectivamente. Incrementar o reducir la proporción de carne producida en sistemas no controlados, genera un incremento del 65-70% o una reducción a la mitad en el riesgo de enfermar, respectivamente. Aplicar digestión artificial en todos los cerdos faenados, genera una reducción en el riesgo de enfermar de dos órdenes de magnitud. Aplicar digestión artificial empleando 3 gramos de muestra de cada animal, no modifica sensiblemente el riesgo de enfermar global, sin distinguir entre sistemas productivos.

Escenario	**Probabilidad de enfermar por consumo de corte cárnico (RR)[1]**	**Probabilidad de enfermar por consumo de embutidos (RR)[1]**	**Probabilidad de enfermar por consumo de salazones (RR)[1]**
Basal	$3{,}77 \times 10^{-5}$	$2{,}06 \times 10^{-6}$	$2{,}23 \times 10^{-7}$
Carne destinada a embutidos en sistemas no controlados 60-80%	$2{,}10 \times 10^{-5}$ (0,56)	$2{,}31 \times 10^{-5}$ (11,21)	$7{,}93 \times 10^{-7}$ (3,56)
Carne destinada a embutidos en sistemas no controlados 80-90%	$7{,}72 \times 10^{-6}$ (0,20)	$2{,}75 \times 10^{-5}$ (13,35)	$8{,}80 \times 10^{-7}$ (3,95)
Proporción producción en sistemas no controlados 35-40%	$6{,}31 \times 10^{-5}$ (1,67)	$3{,}47 \times 10^{-6}$ (1,68)	$3{,}75 \times 10^{-7}$ (1,68)
Proporción producción en sistemas no controlados 10-15%	$2{,}09 \times 10^{-5}$ (0,55)	$1{,}14 \times 10^{-6}$ (0,55)	$1{,}20 \times 10^{-7}$ (0,54)
Faena de ambos sistemas realizan Digestión Artificial	$3{,}51 \times 10^{-7}$ (0,009)	$2{,}19 \times 10^{-8}$ (0,011)	$4{,}07 \times 10^{-9}$ (0,018)
Digestión Artificial con 3 gramos	$3{,}80 \times 10^{-5}$ (1,01)	$2{,}16 \times 10^{-6}$ (1,05)	$2{,}33 \times 10^{-7}$ (1,04)

Tabla 3. Probabilidad de enfermar de trichinellosis por consumo de cortes cárnicos, embutidos y salazones en los diferentes escenarios evaluados.

Referencias: 1 RR= Riesgo de enfermar en Escenario x / Riesgo de enfermar en escenario basal.

En la Tabla 4 se presentan las estimaciones sobre el número de enfermos esperados en los diferentes escenarios, considerando los diferentes alimentos (cortes cárnicos, embutidos y salazones) y sistemas productivos analizados. Incrementar la proporción de carne producida en sistemas no controlados que se destina a la elaboración de embutidos, genera un incremento significativo en el número de enfermos por consumo de dicho alimento, reduciendo la participación de los otros alimentos. Emplear digestión artificial empleando 3 gramos de muestra de cada animal no genera cambios significativos en el número esperado de enfermos.

Escenario	Número de enfermos (Razón de cambio)[1]					
	Sistemas controlados			Sistemas no controlados		
	Corte cárnico	Embutido	Salazón	Corte cárnico	Embutido	Salazón
Basal	14	9	7	37.943	8.322	342
Carne destinada a embutidos en sistemas no controlados 60-80%	13 (0,92)	10 (1,11)	7 (1,00)	21.835 (0,58)	100.413 (12,07)	1.265 (3,70)
Carne destinada a embutidos en sistemas no controlados 80-90%	15 (1,07)	8 (0,88)	8 (1,14)	8.221 (0,22)	116.609 (14,01)	1.388 (4,06)
Proporción producción en sistemas no controlados 35-40%	10 (0,71)	7 (0,77)	5 (0,71)	110.275 (2,91)	23.675 (2,84)	955 (2,79)
Proporción producción en sistemas no controlados 10-15%	16 (1,14)	12 (1,33)	10 (1,43)	11.663 (0,31)	2.630 (0,32)	99 (0,29)
Faena de ambos sistemas realizan Digestión Artificial	12 (0,85)	10 (1,11)	7 (1,00)	368 (0,009)	84 (0,01)	4 (0,012)
Digestión Artificial con 3 gramos	14 (1,00)	9 (1,00)	7 (1,00)	40.743 (1,07)	9.232 (1,11)	355 (1,04)

Tabla 4. Referencias: 1 Razón de cambio= Número de enfermos en el escenario x / Número de enfermos en el escenario basal.

E. CONCLUSIONES FINALES

E.1 Limitaciones del modelo

1. La falta de información precisa sobre la cantidad de sistemas no controlados de producción porcina en Argentina dificulta la evaluación integral del riesgo.
2. En el presente modelo no se consideró la exposición de los animales a carcasas de ratas, cerdos u otros animales silvestres, lo que añade una mayor incertidumbre al análisis, debido a la dificultad para obtener información.
3. No existen datos oficiales sobre la prevalencia de trichinellosis en porcinos en sistemas controlados y no controlados en Argentina, lo que limita la precisión del análisis.
4. La prevalencia utilizada en este modelo proviene de la investigación bibliográfica y de datos no publicados de sistemas no controlados en la provincia de Buenos Aires, introduciendo incertidumbre en las estimaciones.
5. La proporción de cortes de carne almacenados, ya sea refrigerados o congelados, así como las preferencias en el grado de cocción, fueron modeladas a partir de una encuesta realizada en 2019 centrada en el consumo de carne bovina. Dado que no existen encuestas específicas sobre carne porcina, la incertidumbre asociada a estas variables se considera de moderada a alta, lo que puede afectar la validez del análisis.
6. En relación con los chacinados, aunque se utilizó una distribución uniforme para su modelado, es fundamental resaltar la considerable variabilidad en las formulaciones de chacinados en nuestro país, lo que puede influir en los resultados del análisis de riesgo.

E.2 Conclusiones

1. El riesgo de que una persona contraiga trichinellosis asociado al consumo de carne, chacinados y salazones es significativamente mayor en productos provenientes de sistemas no controlados en comparación con aquellos de sistemas controlados.
2. Entre las variables que más impactaron en la probabilidad de enfermar por el consumo de cortes cárnicos, la dosis consumida fue la más relevante. Esta probabilidad también estuvo influenciada por el tipo de almacenamiento del

corte, la preferencia de cocción y la carga inicial de larvas presentes en el músculo del animal.

3. En cuanto a los embutidos y salazones, el único factor que mostró relevancia sobre el riesgo de enfermar fue el tiempo de almacenamiento de estos productos.
4. Debido a los desafíos presentados en la obtención de datos nacionales actualizados y específicos para trichinellosis, se concluye que sería necesario mejorar el sistema de documentación y el relevamiento de información, así como fomentar la colaboración entre las diferentes instituciones involucradas. Esto permitirá contar con datos oficiales en tiempo real y tomar decisiones basadas en evidencia sólida.
5. Como toda evaluación de riesgos, este análisis es susceptible de ser modificado y reevaluado a medida que surjan nuevas evidencias e información relevante.

F. BIBLIOGRAFÍA

(CONINAGRO), A., 2018. Informe Técnico N ° 6 : PORCINOS.

(SENASA), A., 2022a. Informe de Notificaciones de Enfermedades Denunciables – Trichinellosis.

(SENASA), A., 2022b. Anuario Porcino.

Alizadeh, H., Wakelin, D., 1982. Comparison of rapid expulsion of *Trichinella spiralis* in mice and rats. Int. J. Parasitol. 12, 65–73. https://doi.org/10.1016/0020-7519(82)90097-2

Anonymous, 2021. Guía para la prevención y el control de la TRIQUINOSIS/ TRICHINELLOSIS en la República Argentina, Ministerio. ed.

Anonymous (Ministerio de Salud), 2023. Boletín Epidemiológico Nacional N°679, SE 46.

Anonymous (Ministerio de Salud de la Nación Argentina), 2022. Manual de normas y procedimientos de vigilancia y control de eventos de notificacion obligatoria.

Anonymous (SENASA), 2024. BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA - Resolución 1035/2024 [WWW Document]. URL https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/313307/20240904 (accessed 10.17.24).

Appleton, J.A., 2012. Costs and Benefits of Immunity to Worm Infection. J. Immunol. 189, 1101–1103. https://doi.org/10.4049/JIMMUNOL.1201596

BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - MINISTERIO DE SALUD - Resolución 2827/2022 [WWW Document], n.d. URL https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/275961/20221116 (accessed 10.4.24).

BOLETIN OFICIAL REPUBLICA ARGENTINA - SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA - Resolución 45/2024 [WWW Document], n.d. URL https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/301799/20240111 (accessed 9.30.24).

Bolpe, J., 2006. Triquinosis, estudio de brotes y focos. Acta Bioquímica Clínica Latinoam. 171.

Brusa, V., Costa, M., Padola, N.L., Etcheverría, A., Sampedro, F., Fernandez, P.S., Leotta, G.A., Signorini, M.L., 2020. Quantitative risk assessment of haemolytic

uremic syndrome associated with beef consumption in Argentina, PLoS ONE. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242317

CAICHA, 2023. Informe caracterizacion de la industria de chacinados en argentina.

Capó, V., Despommier, D.D., 1996. Clinical aspects of infection with *Trichinella* spp. Clin. Microbiol. Rev. 9, 47–54. https://doi.org/10.1128/cmr.9.1.47

Castaño Zubieta, R., Ruiz, M., Morici, G., Lovera, R., Fernandez, M.S., Caracostantogolo, J., Cavia, R., 2014. First report of *Trichinella spiralis* from the white-eared (Didelphis albiventris) and the thick-tailed opossum (Lutreolina crassicaudata) in central Argentina. Helminthologia 51, 198–202. https://doi.org/10.2478/s11687-014-0229-4

Celum, C.L., Compton, S.J., Lee, C., Thompson, D., Sumi, S.M., Fritsche, T.R., Coombs, R.W., 1993. Trichinosis with Ventilatory Failure and Persistent Myocarditis. Clin. Infect. Dis. 16, 500–504. https://doi.org/10.1093/CLIND/16.4.500

Costantino, S.N., Sosa, N., Calcagno, M.A., Forastiero, M.A., Farabello, S.P., Taus, M.R., Venturiello, S.M., 2009. Detection of trichinellosis in a historically *Trichinella*-free area of Argentina. Vet. Parasitol. 159, 354–357. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.10.073

Cretu, C.M., 2021. Treatment. *Trichinella* and Trichinellosis 417–429. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821209-7.00017-2

Despommier, D.D., 1998. How does *Trichinella spiralis* make itself at home? Parasitol. Today 14, 318–323. https://doi.org/10.1016/S0169-4758(98)01287-3

Dupouy-Camet, J., Murrell, K.D., 2007. FAO/WHO/OIE Guidelines for the surveillance, management, prevention and control of TRICHINELLOSIS 108.

Fariña, F.A., Krivokapich, S.J., Pasqualetti, M.I., Gatti, G., Aronowicz, T., Betti, A., Laurito, F.J., Lopez, L., Bessi, C., Montalvo, F., Ribicich, M.M., 2024. New records of *Trichinella patagoniensis* from Argentina. Vet. Parasitol. 110198. https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2024.110198

Fontana, C., Cocconcelli, P.S., Vignolo, G., 2005. Monitoring the bacterial population dynamics during fermentation of artisanal Argentinean sausages. Int. J. Food Microbiol. 103, 131–142. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.046

Forbes, L.B., Gajadhar, A.., 1999. A Validated *Trichinella* Digestion Assay and an Associated Sampling and Quality Assurance System for Use in Testing Pork and Horse Meat. J. Food Prot. 62, 1308–1313.

Gajadhar, A.A., Noeckler, K., Boireau, P., Rossi, P., Scandrett, B., Gamble, H.R., 2019.

International Commission on Trichinellosis: Recommendations for quality assurance in digestion testing programs for *Trichinella*. Food Waterborne Parasitol. 16, e00059. https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2019.e00059

Gajadhar, A.A., Pozio, E., Ray Gamble, H., Nöckler, K., Maddox-Hyttel, C., Forbes, L.B., Vallée, I., Rossi, P., Marinculić, A., Boireau, P., 2009. Trichinella diagnostics and control: Mandatory and best practices for ensuring food safety. Vet. Parasitol. 159, 197–205. https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2008.10.063

Gamble, H.., Bessonov, A.., Cuperlovic, K., Gajadhar, A.., van Knapen, F., Noeckler, K., Schenone, H., Zhu, X., 2000. International Commission on Trichinellosis: Recommendations on methods for the control of *Trichinella* in domestic and wild animals intended for human consumption. Vet. Parasitol. 93, 393–408. https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00354-X

Gamble, H.R., 2021. Preharvest and postharvest control of *Trichinella* in meat. Trichinella and Trichinellosis 433–453. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821209-7.00016-0

Gamble, H.R., 1998. Sensitivity of artificial digestion and enzyme immunoassay methods of inspection for trichinae in pigs. J. Food Prot. 61, 339–343. https://doi.org/10.4315/0362-028X-61.3.339

Gamble, H.R., 1996. Detection of Trichinellosis in Pigs by Artificial Digestion and Enzyme Immunoassay. J. Food Prot. 59, 295–298.

Gottstein, B., Pozio, E., Nöckler, K., 2009. Epidemiology, diagnosis, treatment, and control of trichinellosis. Clin. Microbiol. Rev. 22, 127–145. https://doi.org/10.1128/CMR.00026-08/FORMAT/EPUB

Guarnera, E., Krivokapich, S.J., Peralta, J., Trabattoni, E., Paoletti, C., Baravalle, A., Bono, F., Molina, V., 2006. Sistema de diagnóstico inmunológico de trichinelosis porcina antemortem. Rev. del Col. Vet. la Prov. Buenos Aires 30, 36–42.

Herrera Cano, L.C., 2011. Evaluación de la temperatura y su relación como una de las condiciones óp timas para el transporte de productos cárnicos procesados. Universidad Católica de Córdoba.

Hill, D.E., Luchansky, J., Porto-Fett, A., Gamble, H.R., Fournet, V.M., Hawkins-Cooper, D.S., Gajadhar, A.A., Holley, R., Juneja, V.K., Dubey, J.P., 2017. Curing conditions to inactivate *Trichinella spiralis* muscle larvae in ready-to-eat pork sausage. Food Waterborne Parasitol. 6–7, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2017.06.001

Iglesias, D.H., Ghezan, G.S., 2013. Análisis de la cadena de la carne porcina en Argentina, INTA. ed.

Johne, A., Filter, M., Gayda, J., Buschulte, A., Bandick, N., Nöckler, K., Mayer-Scholl, A., 2020. Survival of *Trichinella spiralis* in cured meat products. Vet. Parasitol. 287. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109260

Kayfus, T.J., Terrell, R.N., Childers, A.B., Smith, G.C., Johnson, H.K., 1982. Effects of Sodium Nitrite, Sodium Chloride, Heating and Freezing on Survival of Trichinae in Hams. J. Food Prot. 45, 850–853.

Kin, M.S., 2015. *Chaetophractus villosus* reservorio y/o transmisor de algunas enfermedades infecto-contagiosas y/o zoonóticas que afectan a los rumiantes y al hombre. Biologia (Bratisl). Universidad Nacional del Sur.

Kocięcka, W., 2000. Trichinellosis: human disease, diagnosis. Vet. Parasitol. 93, 365–383. https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00352-6

Krivokapich, S.J., Arbusti, P.A., Ayesa, G.E., Gonzalez Prous, C.L., Gatti, G.M., Saldía, L., 2019a. Estudio serológico de un presunto brote causado por el consumo de carne de puma infectada con *Trichinella patagoniensis* en El Calafate, Santa Cruz (Argentina). Rev. Arg. Parasitol. 8, 25–29.

Krivokapich, S.J., Gatti, G.M., Gonzalez Prous, C.L., Degese, M.F., Arbusti, P.A., Ayesa, G.E., Bello, G.V., Salomón, M.C., 2019b. Detection of *Trichinella britovi* in pork sausage suspected to be implicated in a human outbreak in Mendoza, Argentina. Parasitol. Int. 71, 53–55. https://doi.org/10.1016/j.parint.2019.03.010

Krivokapich, S.J., Gonzalez Prous, C.L., Gatti, G.M., Saldía, L., 2015. First finding of *Trichinella pseudospiralis* in the Neotropical region. Vet. Parasitol. 208, 268–271. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.01.001

Krivokapich, S.J., Pozio, E., Gatti, G.M., Gonzalez Prous, C.L., Ribicich, M., Marucci, G., La Rosa, G., Confalonieri, V., 2012. *Trichinella patagoniensis* n. sp. (Nematoda), a new encapsulated species infecting carnivorous mammals in South America. Int. J. Parasitol. 42, 903–910. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2012.07.009

Krivokapich, S.J., Prous, C.L.G., Gatti, G.M., Confalonieri, V., Molina, V., Matarasso, H., Guarnera, E., 2008. Molecular evidence for a novel encapsulated genotype of *Trichinella* from Patagonia, Argentina. Vet. Parasitol. 156, 234–240. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.06.003

Krivokapich, S.J.J., Molina, V., Bergagna, H.F.J.F.J., Guarnera, E.A.A., Bergagna,

H.F.J.F.J., 2006. Epidemiological survey of *Trichinella* infection in domestic, synanthropic and sylvatic animals from Argentina. J. Helminthol. 80, 267–269. https://doi.org/10.1079/JOH2006338

Larrieu, E., Molina, V., Albarracín, S., Mancini, S., Bigatti, R., Ledesma, L., Chiosso, C., Krivokapich, S., Herrero, E., Guarnera, E., 2004. Porcine and rodent infection with *Trichinella* , in the Sierra Grande area of Río Negro province, Argentina. Ann. Trop. Med. Parasitol. 98, 725–731. https://doi.org/10.1179/000349804225021460

LIN, K.W., KEETON, J.T., CRAIG, T.M., HUEY, R.H. LONGNECKER, M.T., GAMBLE, H.R., CUSTER, C.S., CROSS, H.R., 1990. Bioassay analysis of dry-cured ham processed to affect *Trichinella spiralis*.pdf. J. Food Sci. 55, 289–292.

Medina-Lerena, M.S., Ramirez-Álvarez, A., Kühne, M., Gómez-Priego, A., De-La-Rosa, J.L., 2009. Influence of different processing procedures on the reproductive capacity of *Trichinella spiralis* in pork meat. Trop. Anim. Health Prod. 41, 437–442. https://doi.org/10.1007/s11250-008-9211-9

Ministerio de Salud, 2012. Alimentos Consumidos en Argentina Resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud – ENNyS 2005.

Møller, L.N., Petersen, E., Gamble, H.R., Kapel, C.M.O., 2005. Comparison of two antigens for demonstration of *Trichinella* spp. antibodies in blood and muscle fluid of foxes, pigs and wild boars. Vet. Parasitol. 132, 81–84. https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2005.05.032

Murrell, K.D., 1985. *Trichinella spiralis*: Acquired immunity in swine. Exp. Parasitol. 59, 347–354. https://doi.org/10.1016/0014-4894(85)90090-6

Neghina, R., Neghina, A.M., Marincu, I., 2011. Reviews on Trichinellosis (III): Cardiovascular Involvement. https://home.liebertpub.com/fpd 8, 853–860. https://doi.org/10.1089/FPD.2010.0815

Nöckler, K., Pozio, E., Voigt, W.P., Heidrich, J., 2000. Detection of *Trichinella* infection in food animals. Vet. Parasitol. 93, 335–350. https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00350-2

Pasqualetti, M.I.I., Fariña, F.A.A., Krivokapich, S.J.J., Gatti, G.M.M., Daneri, G.A.A., Varela, E.A.A., Lucero, S., Ercole, M.E.E., Bessi, C., Winter, M., Ribicich, M.M.M., 2018. *Trichinella spiralis* in a South American sea lion (*Otaria flavescens*) from Patagonia, Argentina. Parasitol. Res. 117, 4033–4036. https://doi.org/10.1007/s00436-018-6116-z

Pawłowski, Z.S., 1983. Clinical Aspects in Man. *Trichinella* and Trichinosis 367–401.

https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3578-8_11

Pozio, E., 2014. Searching for *Trichinella*: Not all pigs are created equal. Trends Parasitol. 30, 4–11. https://doi.org/10.1016/j.pt.2013.11.001

Pozio, E., 2007. World distribution of *Trichinella* spp. infections in animals and humans. Vet. Parasitol. 149, 3–21. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.07.002

Pozio, E., Zarlenga, D.S., 2021. Taxonomy of the *Trichinella* genus. *Trichinella* and Trichinellosis 35–76. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821209-7.00006-8

Pozio, E., Zarlenga, D.S., 2013. New pieces of the *Trichinella* puzzle. Int. J. Parasitol. 43, 983–997. https://doi.org/10.1016/J.IJPARA.2013.05.010

Randazzo, V.R., La Sala, L.F., Costamagna, S.R., 2011. Efecto de la temperatura sobre la viabilidad de larvas de *Trichinella spiralis*. Rev. Argent. Microbiol. 43, 256–262.

Resolución 740/99 del 13/7/99 [WWW Document], n.d. URL https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/55000-59999/58801/norma.htm (accessed 10.17.24).

Ribicich, M., Adriana, R., Molina, V., Blangiardi, G., Basso, N., Franco, A., 2000. Comparación entre la Digestión Artificial y Triquinoscopía para la detección de *Trichinella spiralis* en carne porcina. InVet 2.

Ribicich, M., Gamble, H.R., Bolpe, J., Sommerfelt, I., Cardillo, N., Scialfa, E., Gimenez, R., Pasqualetti, M., Pascual, G., Franco, A., Rosa, A., 2009. Evaluation of the risk of transmission of *Trichinella* in pork production systems in Argentina. Vet. Parasitol. 159, 350–353. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.10.072

Ribicich, M., Gamble, H.R., Rosa, A., Bolpe, J., Franco, A., 2005. Trichinellosis in Argentina: An historical review. Vet. Parasitol. 132, 137–142. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.042

Ribicich, M., Gamble, H.R., Rosa, A., Sommerfelt, I., Bolpe, J., Torno, H., Verdier, M., Franco, A., 2004. Detection of *Trichinella* infection in field pigs in Argentina using the ELISA test, in: XI International Conference on Trichinelosis. p. 81.

Ribicich, M., Krivokapich, S., Pasqualetti, M., Prous, G.C.L., Gatti, G.M., Falzoni, E., Aronowicz, T., Arbusti, P., Fariña, F., Rosa, A., 2013. Experimental infection with *Trichinella* T12 in domestic cats. Vet. Parasitol. 194, 168–170. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.01.047

Ribicich, M., Miguez, M., Argibay, T., Basso, N., Franco, A., 2001. Localization of *Trichinella spiralis* in muscles of commercial and parasitologic interest in pork.

Parasite 8, S246–S248. https://doi.org/10.1051/parasite/200108s2246

Ribicich, M., Pasqualetti, M.I., Fariña, F.A., 2021. Trichinellosis in animals. *Trichinella* and Trichinellosis 315–331. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821209-7.00013-5

Ribicich, M.M., Fariña, F.A., Aronowicz, T., Ercole, M.E., Bessi, C., Winter, M., Pasqualetti, M.I., 2021. Reprint of: A review on *Trichinella* infection in South America. Vet. Parasitol. 297, 109540. https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2021.109540

Riva, E., Steffan, P., Fiel, C., 2005. Trichinellosis: Aspectos múltiples de una zoonosis global. Red Helmintol. para América Lat. y el Caribe.

Rosmini, M.R., Schneider, R., 2000. Elaboración de embutidos: consideraciones higiénicas y tecnológicas., in: Nuevas Tendencias En Higiene y Tecnología de Carnes. Elche, Gráficas Limencop S.L. P., pp. 165–185.

SENASA, 2020. Informes mensuales de faena y Comisos. Buenos Aires, Argentina.

Sequeira, G.J., Fontana, M.L.D., Zbrun, M. V, Soto, L.P., Frizzo, L.S., Zarazaga, P., Sanchez, I.C., 2013. triquinelosis registrados en la provincia de Santa Fe , Argentina , 1998 – 2009. Rev. Panam. Salud Publica 33, 363–369.

Sequeira, G.J., Zbrun, M. V., Soto, L.P., Astesana, D.M., Blajman, J.E., Rosmini, M.R., Frizzo, L.S., Signorini, M.L., 2016. Quantitative Risk Assessment of Human Trichinellosis Caused by Consumption of Pork Meat Sausages in Argentina. Zoonoses Public Health 63, 167–176. https://doi.org/10.1111/zph.12219

Sharma, R., Thompson, P.C., Hoberg, E.P., Brad Scandrett, W., Konecsni, K., Harms, N.J., Kukka, P.M., Jung, T.S., Elkin, B., Mulders, R., Larter, N.C., Branigan, M., Pongracz, J., Wagner, B., Kafle, P., Lobanov, V.A., Rosenthal, B.M., Jenkins, E.J., 2020. Hiding in plain sight: discovery and phylogeography of a cryptic species of *Trichinella* (Nematoda: Trichinellidae) in wolverine (Gulo gulo). Int. J. Parasitol. 50, 277–287. https://doi.org/10.1016/J.IJPARA.2020.01.003

Smith, H.J., Messier, S., Tittiger, F., 1989. Destruction of *Trichinella spiralis spiralis* during the preparation of the “dry cured” pork products proscuitto, proscuittini and Genoa salami. Can. J. Vet. Res. 53, 80–83.

Stewart, G.L., Na, H., Smart, L., Seelig, L.L., 1999. The temporal relationship among anti-parasite immune elements expressed during the early phase of infection of the rat with *Trichinella spiralis*. Parasitol. Res. 1999 858 85, 672–677. https://doi.org/10.1007/S004360050613

Takumi, K., Teunis, P., Fonville, M., Vallee, I., Boireau, P., Nöckler, K., van der

Giessen, J., 2009. Transmission risk of human trichinellosis. Vet. Parasitol. 159, 324–327. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.10.044

Trichinellosis - WOAH - World Organisation for Animal Health [WWW Document], n.d. URL https://www.woah.org/en/disease/trichinellosis/ (accessed 9.30.24).