

**Nuevos aportes al conocimiento de *Trichinella* y trichinellosis**

Mariana I. Pasqualetti<sup>1\*</sup>, Marcelo Acerbo<sup>1</sup>, Marcelo Miguez<sup>1</sup>, Adriana Rosa<sup>1</sup>, Fernando A. Fariña<sup>1,2</sup>,  
Natalia Cardillo<sup>1,2</sup>, Osvaldo J. Degregorio<sup>1</sup>, Mabel Ribicich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Av. Chorroarín 280, C1427CWO Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

\*Correo electrónico: mpasqualetti@fvet.uba.ar

(Recibido: 3 de noviembre de 2014; Aceptado: 14 de abril de 2015)

"No existen conflictos de interés"

**Índice**

1. **Introducción**
2. **Ciclo biológico**
  - 2.1. Fase intestinal
  - 2.2. Fase parenteral
3. **Taxonomía**
4. **Epidemiología**
  - 4.1. Ciclo doméstico
  - 4.2. Ciclo silvestre
  - 4.3. Ciclo sinantrópico
  - 4.4. Persistencia de larvas musculares en el ambiente
5. **Situación en la Argentina**
6. **Diagnóstico en especies animales**
  - 6.1. Métodos directos
  - 6.2. Métodos indirectos
7. **Conclusiones**
8. **Agradecimientos**
9. **Bibliografía**

**Palabras claves:** *Trichinella*, cerdos, diagnóstico, epidemiología.

**Keywords:** *Trichinella*, pigs, diagnosis, epidemiology.

**RESUMEN**

La trichinellosis es una zoonosis parasitaria que se encuentra distribuida alrededor del mundo. Es endémica en la Argentina y constituye un grave problema de salud pública, dadas las tasas altas de morbilidad que presenta. El hombre y una amplia variedad de animales se infectan al consumir carne cruda o poco cocida infectada con larvas del nematode. Hasta el momento, nueve especies y tres genotipos de *Trichinella* fueron descubiertos en un amplio rango de animales incluyendo mamíferos, aves y reptiles tanto en el ámbito doméstico como silvestre. En un comienzo, la trichinellosis en el hombre estaba estrechamente relacionada con el consumo de carne de cerdo doméstico; sin embargo, el descubrimiento de nuevas especies nos ha conducido a un cambio en el estudio de la epidemiología de la enfermedad con la incorporación de nuevas fuentes de infección, como la carne proveniente de equinos, pumas, jabalíes, entre otros. El estudio de las características propias de cada especie y genotipo de *Trichinella* nos permite conocer aquellos puntos sobre los cuales implementar medidas de control para evitar la infección en el hombre y para minimizar la dispersión del parásito en el ambiente.

**SUMMARY*****Trichinella* and Trichinellosis: new contributions to the knowledge of the disease.**

Trichinellosis is a world-wide-spread parasitic zoonosis. In Argentina it is an endemic disease representing an important risk for human health due to its high rates of morbidity. Humans and a wide variety of animals acquire the infection by eating raw or undercooked meat that contains the infective larvae of the nematode. Until now, nine species and three genotypes belonging to the genus *Trichinella* have been discovered in different animals, including mammals, birds and reptiles, both in domestic and sylvatic environments. At the beginning, human trichinellosis was closely related to the consumption of pork meat. Nevertheless, the discovery of new *Trichinella* species have led to a change in the study of the epidemiology of the disease with the addition of new sources of infection, such as the ingestion of meat from horse, cougar or wild boar. The study of the inner characteristics of each *Trichinella* species and genotypes will allow us to know better the critical points where some control measures can be introduced in order to prevent humans from acquiring the infection, and at the same time, to decrease the risk of dispersion of the parasite in the environment.

## 1. Introducción

*Trichinella* spp. es un parásito helminto que afecta a una gran variedad de hospedadores. La fuente más importante de infección humana en todo el mundo es el cerdo doméstico; sin embargo, durante las últimas décadas, la carne proveniente de caballos, jabalíes y otros animales silvestres ha sido responsable de la aparición de brotes de esta enfermedad. El hombre se infecta al consumir carne cruda o insuficientemente cocida infectada con la larva 1 (L1) de *Trichinella* spp.

La trichinellosis ha amenazado la salud humana durante miles de años. La infección más antigua documentada corresponde a un hombre egipcio que vivió alrededor del año 1200 a.C. y fue detectada a partir de su cuerpo momificado<sup>6</sup>.

La enfermedad se manifiesta en el hombre con signos y síntomas que pueden ser similares a muchas otras enfermedades y se encuentran en estrecha relación con el ciclo biológico del parásito. La infección da como resultado una amplia variedad de formas clínicas, y puede cursar como asintomática hasta convertirse en fatal<sup>4</sup>. Los parásitos del género *Trichinella* muestran una alta variabilidad genética, que se refleja en la epidemiología, biología, zoogeografía. A lo largo de los

años y con el advenimiento de moderna tecnología pudieron identificarse distintos genotipos del género *Trichinella*, que confirman el inmenso potencial biótico de este parásito y su capacidad de adaptación al medio.

Distintos animales, entre ellos los cerdos, bovinos, ovinos y equinos, fueron utilizados para reproducir infecciones naturales, lo que permitió un reconocimiento temprano de los signos, síntomas y patogenia de la enfermedad, para de esta forma optimizar la prevención<sup>45,47,53</sup>.

La trichinellosis no solo implica un peligro para la salud pública, sino también representa un problema económico en la producción porcina.

## 2. Ciclo biológico

*T. spiralis* es un nematode que se caracteriza por tener poca especificidad y poder afectar a una amplia variedad de hospedadores, tanto carnívoros como herbívoros. El ciclo biológico puede ser dividido en fase intestinal y fase parenteral (esta última es también llamada fase de diseminación y fase muscular).

### 2.1. Fase intestinal

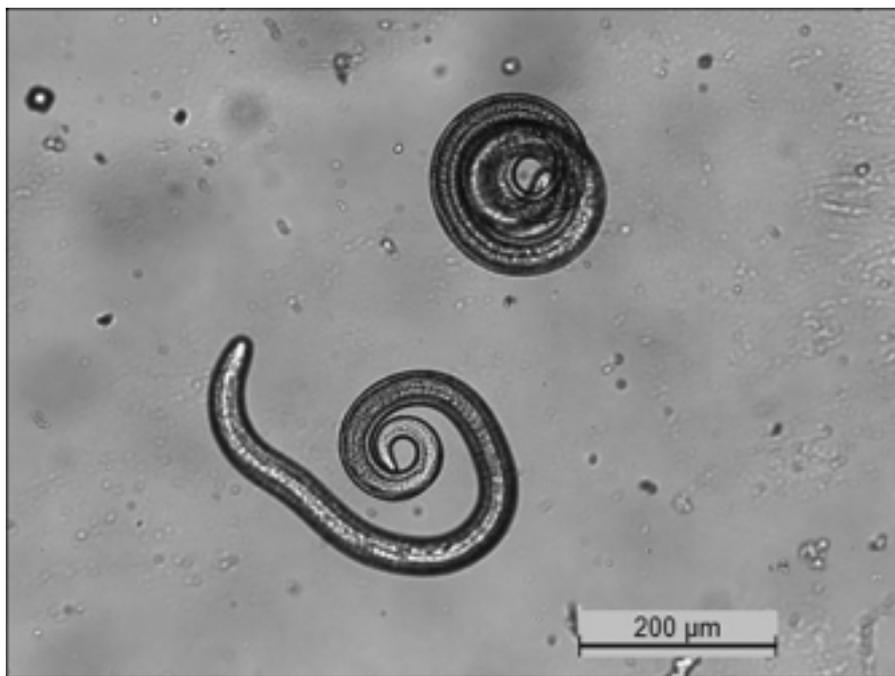
El ciclo comienza cuando el hospedador consume carne infectada con *Trichinella*

spp. La L1 que se encuentra en el músculo estriado, también llamada larva enquistada o larva muscular, es liberada en el estómago por acción de los jugos gástricos, y se dirige hacia el intestino delgado (Figura 1). Una vez allí, penetra el epitelio columnar, principalmente del duodeno, y realiza cuatro mudas en aproximadamente 30 h. Las células del intestino fusionan sus membranas formando un sincitio para acomodar al nematode (nicho intramulticelular)<sup>7</sup>.

Inmediatamente después de la maduración sexual se produce la cópula dentro del nicho intramulticelular, hecho que comienza entre las 30 y 40 h posinfección (p.i.). Se cree que cada macho (Figura 2) puede fecundar a dos hembras. A los 5 días de la fertilización, las hembras comienzan a parir larvas recién nacidas (LRN) en la mucosa intestinal (Figura 3). La producción de LRN continúa por 1-2 semanas o más, dependiendo de la respuesta inmune del hospedador a nivel intestinal, que da como resultado la eliminación de los vermes adultos<sup>16,43</sup>.

### 2.2. Fase parenteral

Las LRN puestas en el interior de las vellosidades primero deben atravesar la lámina propia y luego penetrar los vasos linfáticos, y en menor medida los capilares, para dirigirse a la circulación



**Figura 1**  
L1 de *T. patagoniensis*



**Figura 2**  
Extremo posterior de un macho de *T. patagoniensis*, pueden observarse los tubérculos copulatorios (flecha)



**Figura 3**  
Embriones (flecha) en el interior de una hembra de *T. patagoniensis*

general. En busca de sus células blanco, puede invadir distintos órganos, pero el establecimiento solo ocurrirá en el músculo esquelético en el cual ingresan activamente por medio de su estilete y de la secreción de enzimas líticas. Numerosos estudios han concluido que el músculo estriado es el único nicho intracelular sustentable en el cual *Trichinella* spp. puede seguir su desarrollo<sup>7</sup>.

Durante su migración por diferentes tejidos, como por ejemplo corazón, cerebro, ojos, puede causar alteraciones, por su estadía transitoria y/o por los daños causados en la microcirculación, entre otros<sup>24</sup>. La larva que penetra en un tejido distinto al músculo estriado no

continúa su desarrollo<sup>7</sup>.

En las células musculares las LRN inician un periodo de crecimiento exponencial, desarrollo (sin mudas) y enquistamiento para transformarse en L1 infectivas. Luego del ingreso de la larva a la célula, los productos de excreción-secreción larval desencadenan una serie de modificaciones celulares que darán como resultado la formación de una entidad altamente especializada e independiente, llamada "célula nodriza". La célula nodriza coopera en la obtención de nutrientes, en la exportación de desechos y aísla a la larva de la respuesta inmune del hospedador.

El tiempo de desarrollo de la célula

nodriza varía según la especie de *Trichinella*. En el caso de *T. spiralis* se inicia a los 16 días p.i. y se completa entre los 20 y 30 días<sup>38</sup>. Es típicamente fusiforme, en la especie porcina mide entre 4,4 mm de largo por 0,26 de ancho y en general contiene una L1 enrollada, pero puede contener dos y esporádicamente más de dos<sup>7</sup> (Figura 4). A partir de los 90 días puede iniciarse el depósito de calcio en las paredes del quiste, y la L1 se mantiene viable a menos que la calcificación sea total. En la célula nodriza el parásito puede sobrevivir por años, en el hombre fue documentado hasta 40 años y 20 años en osos polares<sup>16</sup>.



**Figura 4**

Larvas de *T. patagoniensis* en diafragma de ratón

### 3. Taxonomía

Actualmente se reconocen dos clados en el género *Trichinella*, constituidos por miembros encapsulados y no encapsulados<sup>40</sup>.

El primer clado es el que engloba a aquellos genotipos que forman una cápsula de colágeno luego de la entrada de la larva a la célula muscular. Estas solo pueden completar su ciclo biológico

en mamíferos, donde requieren un rango de temperatura corporal para su desarrollo de 37°C a 40°C<sup>39</sup>. Este grupo está integrado por *T. spiralis*, *T. nativa*, *T. britovi*, *T. murrelli*, *Trichinella T6*, *T. nelsoni*, *Trichinella T8*, *Trichinella T9* y *T. patagoniensis*.

*Trichinella spiralis* (T1)

Fue la primera especie descubierta. Presenta una distribución cosmopolita

en zonas climáticas templadas y ecuatoriales, y ha sido pasivamente importada en la mayoría de los continentes. Es un género que se encuentra con alta frecuencia en animales domésticos y silvestres, posee una alta infectividad para los cerdos y ratas sinantrópicas. Los hospedadores más importantes son cerdos domésticos y salvajes (*Sus scrofa*), así como animales sinantrópicos, como la rata

parda, el armadillo<sup>49</sup>, marsupiales<sup>5</sup>, gatos, perros y un gran rango de carnívoros silvestres<sup>41</sup>. También pueden ser infectados animales herbívoros como los caballos, lo que representa un riesgo para la salud pública sobre todo en países europeos donde el consumo de carne equina es frecuente. Su poca resistencia a las bajas temperaturas puede ser la causa de su escasa dispersión en hospedadores que habitan regiones frías. *T. spiralis* es el agente etiológico de la mayoría de las infecciones humanas y de muertes alrededor del mundo. Posee una patogenicidad mayor que la de las otras especies debido a su alto índice de capacidad reproductiva (RCI) y por la reacción inmunológica que desencadena en el hospedador<sup>40</sup>.

#### *Trichinella nativa* (T2)

Es el agente etiológico de la infección por *Trichinella* en carnívoros selváticos que viven en zonas frías de Asia (China, Kazajstán, Mongolia, Rusia), América del Norte (Canadá y EE.UU.) y Europa (Estonia, Finlandia, Lituania, Noruega, Rusia y Suecia). Los principales hospedadores son los carnívoros terrestres y marinos; sin embargo, fue detectado en dos jabalíes de Estonia<sup>41</sup> y un cerdo doméstico de China<sup>41</sup>. Las características biológicas más importantes de esta especie son la capacidad de las larvas de sobrevivir en músculos congelados; en carnívoros llegó a mantenerse viable a -18 °C por 5 años, y su bajo RCI en roedores de laboratorio y cerdos doméstico y silvestres<sup>41</sup>. Las infecciones humanas ocurren frecuentemente entre las personas que habitan las zonas frías de Canadá, Groenlandia y Kamchatka, por consumo de carnívoros salvajes<sup>41</sup>.

#### *Trichinella* T6

Este genotipo está estrictamente relacionado con *T. nativa*. Este genotipo se detectó en muchas regiones de Canadá y EE.UU. Los híbridos naturales entre *T. nativa* y *Trichinella* T6 se detectaron en la naturaleza, lo que sugiere una reciente separación entre los dos taxones. Su comportamiento biológico es similar al de *T. nativa* (alta resistencia a la congelación en músculos de carnívoros y baja infectividad en cerdos y ratas)<sup>21</sup>.

#### *Trichinella britovi* (T3)

Es el agente etiológico de la infección de los carnívoros salvajes que viven en áreas templadas de la región paleártica desde la península Ibérica hasta Kazajstán, Irán y Turquía<sup>33,43</sup>. El RCI en ratones y ratas de laboratorio, en cerdos domésticos y selváticos es menor que en *T. spiralis*, pero mayor que en *T. nativa*.

Se demostró que la larva de *T. britovi* es capaz de sobrevivir en músculos congelados de carnívoros por más de 11 meses y en músculos congelados de cerdos por más de tres semanas<sup>40</sup>. Las infecciones humanas causadas por *T. britovi* han sido documentadas en Francia, Italia, España y Turquía, por el consumo de carne de jabalíes, zorros, caballos y cerdos<sup>41</sup>.

#### *Trichinella* T8

Se encuentra relacionada con *T. britovi*. Esta ha sido detectada en tres oportunidades en carnívoros selváticos (hiena manchada y leones) y solamente en Sudáfrica y Namibia. No se han documentado casos de personas infectadas por este genotipo<sup>41</sup>, por lo que su rol zoonótico permanece incierto.

#### *Trichinella murrelli* (T5)

Es el agente etiológico de la infección en carnívoros salvajes y animales domésticos (perros, caballos, gatos) que viven en áreas templadas de EE.UU., presenta poca resistencia a la congelación. No fueron detectadas infecciones naturales en la especie porcina. La presencia de casos humanos fue atribuida al consumo de carne de oso y caballo<sup>40,41</sup>.

#### *Trichinella* T9

Este genotipo fue detectado por primera vez en carnívoros selváticos de Japón. En un comienzo se lo identificó como *T. britovi*, pero luego, por los métodos moleculares, se la designó como un nuevo genotipo. Casos humanos producidos por este genotipo no fueron documentados<sup>43</sup>.

#### *Trichinella nelsoni* (T7)

Es el agente etiológico de la infección de los carnívoros selváticos que viven en el este de África desde Kenia hasta Sudáfrica. Ocasionalmente se ha identificado en cerdos silvestres y en el hombre. Posee una baja infectividad en ratas y ratones de laboratorio y en cerdos, comparada con *T. spiralis*, pero es mayor que aquella que presenta *T. nativa*. Menos de 100 casos de infecciones humanas fueron detectados<sup>41</sup>. Esta especie muestra baja patogenicidad en hombres donde las muertes fueron documentadas solo en personas con más de 4000 larvas por gramo de músculo<sup>40</sup>.

#### *Trichinella patagoniensis* (T12)

En el año 2004, cerca de la localidad de Trapalcó, Río Negro, Argentina, Krivokapich y col.<sup>26</sup> aislaron un nuevo genotipo del género *Trichinella* en un puma (*Puma concolor*): *Trichinella* T12. Posteriormente, en el año 2008, cerca de la localidad de El Calafate (provincia de Santa Cruz) y en el año

2009 en el distrito de La Paz (provincia de Catamarca), larvas musculares de *Trichinella* T12 fueron aisladas de pumas cazados en esas regiones. Este genotipo hoy es una nueva especie: *T. patagoniensis*<sup>28</sup>. Se realizaron estudios experimentales en ratas, cerdos y gatos, y se demostró que, hasta el momento, los gatos se comportan como los mejores hospedadores para esta especie<sup>15,28,50</sup>. En trabajos recientes realizados en aves (*Gallus gallus domesticus*) se recuperaron adultos del intestino del pollo pero no larvas musculares, lo que indica que *T. patagoniensis* es capaz de realizar la fase intestinal pero no de alcanzar el estadio infectante en esta especie<sup>37</sup>. La tolerancia a bajas temperaturas es menor que la observada en *T. britovi* y en *T. nativa*, pero mayor que en *T. murrelli*. En músculo de gatos domésticos las larvas fueron capaces de conservarse infectivas a -5 °C por tres meses, aunque no presentaron tolerancia a -18 °C durante una semana<sup>14,28</sup>.

El segundo clado es el que agrupa a aquellas especies que no forman una cápsula de colágeno durante la fase de infección muscular, y que parasitan tanto mamíferos, como aves y reptiles, y está constituido por las especies *T. pseudospiralis*, *T. papuae* y *T. zimbabwensis*.

#### *Trichinella pseudospiralis* (T4)

Es una especie cosmopolita que infecta tanto mamíferos como aves, donde completa su ciclo biológico en un rango de temperatura corporal de 37 °C a 42 °C<sup>39</sup>. Tres poblaciones, que se pueden distinguir sobre la base de estudios moleculares, han sido detectadas en el paleártico, neoártico y en regiones australianas<sup>40</sup>. Es una especie poco resistente a la congelación. El RCI en ratones y en cerdos es más bajo que el de *T. spiralis*, pero mayor que en el resto de las especies y genotipos<sup>41</sup>. Casos humanos fueron detectados, con infecciones que van desde clínicamente moderada hasta severa, con una muerte registrada<sup>18</sup>. Recientemente esta especie fue hallada en un cerdo doméstico de la Argentina<sup>29</sup>.

#### *Trichinella papuae* (T10)

Esta especie ha sido detectada exclusivamente en Papúa, Nueva Guinea. Es capaz de infectar tanto a mamíferos como a reptiles, pero no a aves. Se documentaron infecciones en personas<sup>16</sup>.

#### *Trichinella zimbabwensis* (T11)

Fue detectada en criaderos de cocodrilos de Zimbabue y Etiopía, y en cocodrilos salvajes de Mozambique. Esta especie, así como *T. papuae*, pueden infectar reptiles (solo aquellos que viven en

regiones ecuatoriales) y mamíferos (hecho que se ha comprobado de manera experimental), y puede desarrollarse a temperaturas que varían desde 25°C hasta los 40°C en su hospedador<sup>39,40</sup>. No hay reportes de casos humanos hasta el momento.

#### 4. Epidemiología

Los parásitos del género *Trichinella* están presentes en todos los continentes excepto en la Antártida, donde ningún informe o investigación de estos nematodos han sido documentados hasta el momento.

Aunque *T. spiralis* fue descubierta por primera vez en los animales domésticos y se la encuentra frecuentemente asociada a la infección humana, donde el cerdo doméstico es la principal fuente de infección, las otras especies de este género parasitan principalmente a animales silvestres. Cuando los seres humanos fallan en el manejo adecuado de los animales domésticos y silvestres, algunas especies de *Trichinella* (*T. spiralis*, *T. britovi*, *T. pseudospiralis*, *T. papuae* y *T. zimbabwensis*) pueden transmitirse del entorno selvático al doméstico o viceversa, donde pueden intervenir animales sinantrópicos como nexos entre ambos ciclos<sup>43</sup>. Los ciclos domésticos y silvestres pueden actuar de manera independiente o con interacción entre ellos.

##### 4.1. Ciclo doméstico

El término "ciclo doméstico" se refiere a una forma de transmisión que se produce, en el caso de la Argentina, en piaras de cerdos con deficientes prácticas de manejo, tales como la alimentación con restos de alimentos que pueden tener residuos cárnicos de cerdo poco cocidos o crudos provenientes de comedores, cocinas, restaurantes y frigoríficos. Además, la alimentación con basura, la exposición a los cadáveres de cerdos muertos que no son eliminados rápidamente de las piaras (de manera intencional o no), la transmisión directa cerdo a cerdo debido a mordeduras de cola u oreja<sup>57</sup>, así como la exposición a través de animales sinantrópicos que viven en las cercanías de los cerdos, como ratas, mustélidos y zorros.

Los animales silvestres constituyen otro riesgo en la introducción y dispersión de la enfermedad en los cerdos. En 2009, Ribicich y col.<sup>48</sup> demostraron que el acceso de animales silvestres a las granjas es un factor de riesgo que presenta una asociación estadísticamente significativa con la infección en cerdos ( $p \leq 0,01$ ).

Por otro lado, los jabalíes son un eslabón importante en el ciclo del

parásito, presenta una alta prevalencia en gran parte del mundo (Europa, Asia, América) y una alta carga parasitaria<sup>39, 42, 44, 49, 55</sup>.

El conocimiento de la prevalencia de la infección por *Trichinella* spp. en los ciclos sinantrópicos y silvestres es importante en áreas donde los cerdos se crían al aire libre, incluyendo algunas zonas de la Argentina.

La especie que esta comúnmente ligada a este ciclo es *T. spiralis*. Los cerdos y animales sinantrópicos son muy buenos hospedadores para esta especie, la cual puede manifestar altos índices reproductivos sin causar patologías severas, lo que permite su perpetuación.

##### 4.2. Ciclo silvestre

El ciclo silvestre es aquel que se da en la naturaleza entre aquellos animales carnívoros que tienen hábitos canibalísticos y/o carroñeros<sup>3</sup>. Pueden intervenir lobos, osos polares, focas, morsas, lobos marinos y belugas en zonas circumpolar-árticas donde la trichinelosis humana está directamente asociada a este ciclo; en zonas templadas está ligada a jabalíes, zorros, peludos, félidos y otros animales omnívoros<sup>51</sup>. Generalmente ocurre en ecosistemas naturales lejanos a asentamientos humanos e involucra a *T. nativa*, *T. britovi*, *T. murrelli*, *T. nelsoni*, *T. patagoniensis*, *T. pseudospiralis* y *T. papuae*. Por otro lado, *T. spiralis* está presente en carnívoros y omnívoros silvestres de distintos países, como Canadá, EE.UU., Argentina, Chile y muchos países europeos<sup>43</sup>.

##### 4.3. Ciclo sinantrópico

Entrelaza los dos primeros ciclos, ya que está asociado a animales que viven cerca del ambiente humano. Principalmente son gatos, perros, roedores y, cada vez más, animales que han ampliado su nicho ecológico como los zorros. La infección de estos animales es similar a la del cerdo, pero su papel en la transmisión de la enfermedad al humano es secundaria. El rol de la rata parda (*Rattus norvegicus*) en la manutención y la transmisión de *T. spiralis* es controversial; a veces es categorizada como reservorio mientras que otros autores la sitúan como "víctima" de la faena doméstica inadecuada e indicadora de la existencia de infección en cerdos locales. Durante un estudio realizado en granjas con distinto nivel higiénico sanitario y presencia o ausencia de infección en cerdos, Stojcevic y col.<sup>54</sup> detectaron ratas infectadas con *Trichinella* spp. solo en las granjas con infección porcina y con bajo nivel higiénico-sanitario.

A su vez, una investigación realizada

por Fariña y col.<sup>11</sup> en establecimientos porcinos con la presencia de cerdos positivos no detectó la ocurrencia de enfermedad en los roedores (tanto en establecimientos con buenas condiciones higiénico-sanitarias como con deficientes condiciones higiénico-sanitarias), hecho que podría indicarnos que eventualmente existe algún reservorio que jugaría un rol decisivo en el mantenimiento del ciclo, pero que hasta el momento no ha podido determinarse.

##### 4.4. Persistencia de larvas musculares en el ambiente

Uno de los factores más importantes de *Trichinella* spp., y que juega un papel principal en la transmisión de esta parasitosis, es la capacidad de las larvas de sobrevivir en los tejidos musculares luego de la muerte de su hospedador. A pesar de que la larva induce un proceso de angiogénesis luego de penetrar en el célula muscular, su metabolismo es básicamente anaeróbico, lo que favorece su supervivencia en los tejidos en descomposición<sup>8,9</sup>, lo que aumenta la probabilidad de ser ingerida por un nuevo hospedador y de esta forma perpetuar su ciclo biológico.

La supervivencia en carne putrefacta junto con la capacidad de las larvas de algunas especies para sobrevivir a la congelación son dos mecanismos que elevan fuertemente la supervivencia del parásito en la naturaleza<sup>16</sup>.

Estudios realizados con *T. britovi* demostraron que las larvas pudieron sobrevivir en músculos congelados de zorros (*Vulpes vulpes*) a -15 °C por 11 meses y en lobos (*Canis lupus*), por 6 meses<sup>10</sup>. *T. nativa* es considerada otra especie con capacidad de sobrevivir a la congelación, en el zorro ártico (*Alopex lagopus*) registró un tiempo de supervivencia de 4 años<sup>20</sup> y en osos polares (*Ursus maritimus*), de hasta 5 años<sup>10</sup>. Es importante destacar que la supervivencia de larvas musculares después de la congelación se produce principalmente cuando estas parasitan músculos estriados de carnívoros y se reduce fuertemente a unos pocos días o semanas cuando las larvas del músculo de la misma especie parasitan otros hospedadores como cerdos y roedores<sup>16,43</sup>.

*T. spiralis* es considerada una especie que no es resistente a la congelación. Se han realizado diversos estudios para llegar a esta postura. Hill y col.<sup>17</sup> estudiaron la resistencia a la congelación en carne de caballo y destacan la reducción considerable de larvas infectivas desde el día 2 a -18°C y en la semana 4 a -5°C. En jabalíes las larvas musculares de *T. spiralis* no mostraron infectividad luego de una

semana conservadas a  $-21^{\circ}\text{C}^{30}$ , y en ratas solo permanecieron viables por una semana a  $-5^{\circ}\text{C}^{31}$ . En otras especies animales, como ovejas, las larvas sobrevivieron 4 semanas a  $-5^{\circ}\text{C}^{56}$ , mientras que en músculo de cerdos<sup>22, 25</sup> se demostró la muerte de las larvas en pocos días a  $-18^{\circ}\text{C}$  y 4 semanas a  $-5^{\circ}\text{C}$ . El tiempo de supervivencia en músculo en descomposición fue estudiado en diferentes especies animales y se vio modificado por distintos factores, entre los que se encuentran: la especie hospedadora, la especie parasitaria<sup>22</sup>, el tiempo de infección<sup>31</sup> y la temperatura y humedad en la cual fue expuesto el cadáver. Oivanen y col.<sup>36</sup> y Riva y col.<sup>52</sup> evaluaron el tiempo de supervivencia e infectividad de larvas de *T. spiralis* en carcasas de ratas colocadas en la naturaleza: se mantienen viables entre una y seis semanas.

## 5. Situación en la Argentina

La trichinellosis es una enfermedad transmitida por alimentos (ETA) que se distribuye por todo el mundo. La Argentina posee estatus endémico para esta enfermedad, y es el cerdo el animal que está comúnmente implicado en la aparición de los brotes humanos. La crianza, la elaboración de subproductos y el consumo domiciliario de cerdos, sin medidas de manejo adecuadas que brinden carne porcina segura, es una costumbre muy arraigada en la población, que perpetúa la transmisión de esta parasitosis<sup>46</sup>. La aparición de la enfermedad en el hombre es de denuncia obligatoria a las autoridades sanitarias.

El primer reporte de un caso humano en la Argentina fue en 1879<sup>2</sup>, y desde entonces constituye un grave problema de salud pública dadas las tasas altas de morbilidad, que afectan a centenares de personas y ocasionan pérdidas económicas por el costo de diagnóstico, internación y tratamiento, y por pérdidas de días de trabajo, multas y decomisos a nivel comercial, y por clausura de establecimientos porcinos y, en algunos casos, por la eliminación total de los animales.

La aparición de los casos humanos presenta un marcado incremento en la época invernal, asociado al consumo de chacinados, que son elaborados durante esta época del año para aprovechar las bajas temperaturas que favorecen la manipulación de la carne y retrasa el proceso de putrefacción<sup>46</sup>. La carne utilizada proviene, en general, de cerdos criados en forma familiar, sin inspección veterinaria.

Durante el período 1960-1990 la enfermedad fue reportada de manera infrecuente. A partir de 1990 la frecuencia de la enfermedad ascendió

considerablemente. En el período 1990-1999 el número de casos notificados fue de 5217, y en el período 2000-2010 los casos fueron 5740 según registros del Servicio Nacional de Vigilancia en Salud (SNVS).

Las áreas del país más afectadas corresponden a las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba<sup>1</sup>, en coincidencia con la localización de los focos porcinos; sin embargo, en los últimos años se ha detectado una dispersión en la aparición de casos humanos a lo largo del país. Durante el año 2013, fueron notificados 1159, de los cuales solo 333 fueron confirmados. De estos últimos, el 73,57% correspondió a casos producidos en la región centro del país, y las provincias de Córdoba (22,22%), Buenos Aires (21,62%), Entre Ríos (18,61%), Neuquén (15,91%) y Santa Fe (10,21%) fueron las que mayor cantidad registraron. A su vez, fueron notificados casos en las provincias de Río Negro, Mendoza, Jujuy, Catamarca, Chubut, Chaco, La Pampa, Salta, Corrientes, San Juan y San Luis<sup>32</sup>.

En los últimos años se han detectado animales silvestres infectados con *T. spiralis*<sup>49</sup>, los que pueden actuar como fuentes de infección para el hombre (consumo de carne de caza) o animales domésticos (criados bajo pobres condiciones higiénico-sanitarias).

El hallazgo de especies de *Trichinella* diferentes a *T. spiralis* en nuestro país nos hacen sospechar que algunos casos humanos podrían haber sido producidos por estas nuevas especies. En 2008, un grupo de ocho cazadores consumió carne de puma infectada con *T. patagoniensis* (code ISS2311) en El Calafate, provincia de Santa Cruz, Argentina<sup>27</sup>. En 2014 Krivokapich y col. aislaron *T. pseudoespiralis* de un cerdo doméstico de la provincia de Río Negro, que fue el primer hallazgo en la Argentina de esta especie no encapsulada<sup>29</sup>.

## 6. Diagnóstico en especies animales

El diagnóstico para detectar la infección por *Trichinella* spp. en animales puede dividirse en dos categorías: métodos directos, que consisten en la identificación y visualización de la L1 de músculo estriado (*post mortem*); y los métodos indirectos, que se basan en la detección de la infección por demostración de los anticuerpos específicos circulantes del hospedador.

### 6.1. Métodos directos

El único procedimiento recomendado para la detección de larvas de *Trichinella* spp. en los tejidos musculares es la prueba de digestión artificial. El principio fundamental de esta técnica es la liberación de las L1 luego de

la digestión del músculo en un fluido artificial compuesto por pepsina y ácido clorhídrico<sup>35</sup>.

Los métodos directos permiten identificar cerdos, caballos u otros animales infectados con *T. spiralis* aproximadamente a los 17 días después de la infección, que coincide con el momento en que las L1 se convierten en infectivas para un nuevo hospedador. La sensibilidad de estos métodos está condicionada por la cantidad de tejido utilizado y por el sitio del cual se extrajo la muestra<sup>34</sup>.

Para la inspección de rutina de la carne es necesario asegurar una sensibilidad de aproximadamente una a tres larvas por gramo (lpg), por encima de este nivel de infección constituye un problema para la seguridad alimentaria<sup>12,34</sup>.

La elección de los músculos para el muestreo de la carne requiere la identificación de los sitios de predilección larvaria en cada especie animal en particular<sup>19</sup>. La Comisión Internacional de Trichinellosis (ICT) proporciona las recomendaciones acerca del sitio de toma de muestra en algunas especies animales sobre la base de estudios realizados<sup>12, 23, 35</sup>.

En áreas endémicas la ICT recomienda el uso de una muestra de 5g por animal en los cerdos<sup>12</sup>. Cuando se desea inspeccionar carne proveniente de animales silvestres, la recomendación es el uso de 10g, ya que la sensibilidad de la técnica puede verse afectada al no conocer los sitios de predilección larvaria en la especie animal por analizar.

El método de agitación magnética se considera la prueba gold standard, ya que es una técnica diseñada específicamente para muestras agrupadas y ha sido sometida a estudios de validación<sup>23</sup>. Con este sistema pueden utilizarse como máximo 100g de muestras agrupadas de tejido muscular (la muestra que se usa es dependiente de la especie que va a analizarse). En la Argentina es la técnica implementada para la detección del parásito *T. spiralis* en la carne porcina.

### 6.2. Métodos indirectos

Los estudios serológicos se consideran adecuados para sistemas de vigilancia en establecimientos y para las investigaciones epidemiológicas de los animales silvestres<sup>13</sup>. De acuerdo con ICT, los métodos indirectos no se recomiendan como un sustituto de la inspección de la carne al momento de la faena<sup>12</sup>.

## 7. Conclusiones

La trichinellosis es una zoonosis parasitaria reemergente en el mundo. La importancia de esta enfermedad

llevó a la implementación de medidas de control para evitar la presentación de la infección.

En los últimos años se ha observado que debido a una deficiente disposición de los residuos en el ámbito rural y urbano, los roedores y otros animales que constituían el ciclo silvestre de la enfermedad avanzaron hacia la ciudad en busca de desperdicios de alimentos que quedan expuestos a cielo abierto y a su disposición. En estos casos, *Trichinella* spp., presente en el ciclo silvestre, es factible de ser ingerida por cerdos domésticos.

Las barreras arquitectónicas y ambientales para evitar el ingreso

de otros animales, el control de los alimentos que consumen los cerdos, así como su almacenamiento, el control de roedores, la higiene de la granja y el monitoreo serológico de animales nuevos son fundamentales para poder caracterizar los establecimientos porcinos.

Se debería concientizar a la población sobre el riesgo que implica la crianza de cerdos sin las medidas de manejo adecuadas; el consumo de carne o subproductos que no hayan sido sometidos a control veterinario específico en busca de larvas de *Trichinella* spp., y la importancia de los animales silvestres como fuentes de

infección para el hombre y animales domésticos deberían ser considerados esenciales para prevenir la aparición de casos humanos.

El surgimiento de nuevas especies en la Argentina trae aparejada la necesidad del estudio permanente de esta parasitosis, su epidemiología y la consideración de otros animales como fuentes de infección.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por los proyectos: PDS PV01 y UBACyT 20020100100272.

## Bibliografía

- Bolpe J, Bolffi R.** Casuistry of human trichinellosis in Argentina registered from 1990 to 1999. *Parasite* 2001; 8: 70-80.
- Campbell WC.** Historical introduction. En: Campbell WC, editor. *Trichinella and trichinosis*. Plenum Press, New York, 1983; 1-30.
- Campbell WC.** Trichinosis revisited another look at modes of Transmission. *Parasitol Today* 1988; 4: 83-86.
- Capó V, Despommier D.** Clinical aspects of infections with *Trichinella* spp. *Clin Microbiol Rev* 1996; 9: 47-54.
- Castaño Zubieta R, Ruiz M, Morici G, Lovera R, Fernández MS, Caracostantogolo J, et al.** First report of *Trichinella spiralis* from the white-eared (*Didelphis albiventris*) and the thick-tailed opossum (*Lutreolina crassicaudata*) in central Argentina. *Helminthologia* 2014; 51, 3: 198-202.
- De Boni U, Lenczner MM, Scott, JW.** Autopsy of an Egyptian mummy. 6. *Trichinella spiralis* cyst. *Can Med Assoc J* 1977; 117:472.
- Despommier DD. Biology.** En: **Campbell WC, editor.** *Trichinella and trichinosis*. Plenum Press, New York, 1983; 75-151.
- Despommier DD.** *Trichinella spiralis*: the worm that would be virus. *Parasitol Today* 1990; 6: 193-196.
- Despommier DD.** How does *Trichinella spiralis* make itself at home? *Parasitol Today* 1998; 14: 318-323.
- Dick TA, Pozio E.** *Trichinella* spp. and trichinellosis. En: Samuel W, Pybus MJ, editors. *Parasitic Diseases of wild Mammals*. 2nd Edition. Iowa State University Press, Iowa, 2000.
- Fariña F, Scialfa E, Bolpe J, Pasqualetti M, Rosa A, Ribicich M.** Study of *Trichinella* spp. in rodents that live near pig farms in an endemic region of the Province of Buenos Aires, Argentina. *J Bacteriol Parasitol* 2012; 3:140.
- Gamble HR, Bessonov AS, Cuperlovic K, Gajadhar AA, van Knapen F, Noeckler F et al.** International Commission on Trichinellosis: Recommendations on methods for the control of *Trichinella* in domestic and wild animals intended for human consumption. *Vet Parasitol* 2000; 93: 393-408.
- Gamble HR, Pozio E, Bruschi F, Nöckler K, Kapel CMO, Gajadhar A.** International Commission on Trichinellosis: recommendations on the use of serological tests for the detection of *Trichinella* infection in animals and man. *Parasite* 2004; 11: 3-13.
- Gatti G, Ribicich MM, Gonzalez Prous C, Saldía L, Pasqualetti M, Rosa A, et al.** Evaluación de la tolerancia térmica de *Trichinella* T12 en felinos. I Congreso Internacional de Zoonosis y Enfermedades Emergentes – VII Congreso Argentino de Zoonosis, 2011, V91 – 29118. p. 223, Buenos Aires, Argentina.
- Gonzalez Prous C, Gatti G, Ribicich MM, Pasqualetti M, Rosa A, Krivokapich SJ.** Estudio de la capacidad reproductiva de *Trichinella* T12. I Congreso Internacional de Zoonosis y Enfermedades Emergentes–VII Congreso Argentino de Zoonosis, Buenos Aires, Argentina, 2011, V92-29119. p. 223.
- Gottstein B, Pozio E, Nöckler K.** Epidemiology, Diagnosis, Treatment, and Control of Trichinellosis. *Clin Microbiol Rev* 2009; 22: 127-145.
- Hill DE, Forbes L, Kramer M, Gajadhar A, Gamble, HR.** Larval viability and serological response in horses with long-term *Trichinella spiralis* infection. *Vet Parasitol* 2007; 146: 107-116.
- Jongwutiwes S, Chantachum N, Kraivichian P, Siriyasatien P, Putaporntip C, Tamburrini A, et al.** First outbreak of human trichinellosis caused by *Trichinella pseudospiralis*. *Clinical Infectious Diseases* 1998; 26: 111-115.
- Kapel CMO, Webster P, Lind P, Pozio E, Henriksen SA, Murrell KD, et al.** *Trichinella spiralis*, *Trichinella britovi*, and *Trichinella nativa*: Infectivity, larval distribution in muscle, and antibody response after experimental infection of pigs. *Parasitol Res* 1998; 84: 264-271.

- 20. Kapel CMO, Pozio E, Sacchi L, Prestrud P.** Freeze tolerance, morphology, and RAPD-PCR identification of *Trichinella nativa* in naturally infected arctic foxes. *J Parasitol* 1999; 85: 144-147.
- 21. Kapel CMO, Gamble HR.** Infectivity, persistence, and antibody response to domestic and sylvatic *Trichinella* spp. in experimentally infected pigs. *Int J Parasitol* 2000; 30: 215-221.
- 22. Kapel CMO, Webster P, Malakauskas A, Hurnikova Z, Gamble HR.** Freeze tolerance of nine *Trichinella* genotypes in muscle tissue of experimentally infected pigs, horses, wild boars, mice, cats, and foxes. XIth International Conference on Trichinellosis, San Diego, California, 2004, p. 28.
- 23. Kapel CMO, Webster P, Gamble HR.** Muscle distribution of sylvatic and domestic *Trichinella* larvae in production animals and wildlife. *Vet Parasitol* 2005; 132: 101-105.
- 24. Kocięcka W.** Trichinellosis: human disease, diagnosis and treatment. *Vet Parasitol* 2000; 93: 365-383.
- 25. Kotula AW, Sharar AK, Paroczay E, Gamble HR, Murrell KD, Douglas L.** Infectivity of *Trichinella spiralis* from frozen pork. *J. Food Prot* 1990; 53: 571-573.
- 26. Krivokapich SJ, González Prous CL, Gatti GM, Confalonieri V, Molina V, Matarasso H, et al.** Molecular evidence for a novel encapsulated genotype of *Trichinella* from Patagonia, Argentina. *Vet Parasitol* 2008; 156: 234-240.
- 27. Krivokapich SJ, Arbusti P, González Prous CL, Gatti GM, Saldía L.** Suspected human outbreak caused by *Trichinella* T12 in the Patagonic region. XX Congreso Latinoamericano de Parasitología y XV Congreso Colombiano de Parasitología y Medicina Tropical, Universidad de los Andes Bogotá, Colombia, 2011.
- 28. Krivokapich SJ, Pozio E, Gatti GM, González Prous CL, Ribicich M, Marucci G, et al.** *Trichinella patagoniensis* n.sp. (Nematoda), a new encapsulated species infecting carnivorous mammals in South America. *Int J Parasitol* 2012; 42: 903-910.
- 28. Krivokapich SJ, Pozio E, Gatti GM, González Prous CL, Ribicich M, Marucci G, et al.** *Trichinella patagoniensis* n.sp. (Nematoda), a new encapsulated species infecting carnivorous mammals in South America. *Int J Parasitol* 2012; 42: 903-910.
- 29. Krivokapich S, González Prous C, Gatti G, Saldía L.** First finding of *Trichinella pseudospiralis* in the Neotropical region. *Vet Parasitol*. En prensa 2015.
- 30. Lacour SA, Heckmann A, Macé P, Grasset-Chevillat A, Zanella G, Vallée I, et al.** Freeze-tolerance of *Trichinella* muscle larvae in experimentally infected wild boars. *Vet Parasitol* 2013; 194: 175-178.
- 31. Malakauskas A, Kapel CMO.** Tolerance to low temperatures of domestic and sylvatic *Trichinella* spp. in rat muscle tissue. *J Parasitol* 2003; 89: 744-748.
- 32. Ministerio de Salud de la República Argentina. Presidencia de la Nación.** Boletín integrado de vigilancia. 2014. Disponible en <http://www.msal.gov.ar/index.php/home/boletin-integrado-de-vigilancia>
- 33. Murrell D, Lichtenfels RJ, Zarlenga DS, Pozio E.** The systematics of the genus *Trichinella* with a key to species. *Vet Parasitol* 2000; 93: 293-307.
- 34. Nöckler K, Pozio E, Voigt WP, Heidrich J.** Detection of *Trichinella* infection in food animals. *Vet Parasitol* 2000; 93: 335-350.
- 35. Nöckler K, Kapel CMO.** Detection and surveillance for *Trichinella*: meat inspection and hygiene and legislation. En: Dupouy-Camet J, Murrell KD editors. FAO/WHO/OIE. Guidelines for the surveillance, management, prevention and control of trichinellosis. World Organization for Animal Health Press, París, 2007, p. 69-97.
- 36. Oivanen L, Mikkonen T, Haltia L, Karhula H, Saloniemi H, Sukura A.** Persistence of *Trichinella spiralis* in rat carcasses experimentally mixed in different feed. *Acta Vet Scand* 2002; 43: 203-210.
- 37. Pasqualetti M, Fariña F, Falzoni E, Cardillo N, Aronowicz T, Krivokapich S, et al.** Susceptibility of chickens (*Gallus gallus domesticus*) to *Trichinella patagoniensis*. *Vet Parasitol* 2014; 205: 397-400.
- 38. Pozio E, La Rosa G, Murrell KD, Lichtenfels JR.** Taxonomic revision of the genus *Trichinella*. *J Parasitol* 1992; 78: 654-659.
- 39. Pozio, E.** The broad spectrum of *Trichinella* hosts: from cold-to warm-blooded animals. *Vet Parasitol* 2005; 132:3-11.
- 40. Pozio E, Zarlenga DS.** Recent advances on the taxonomy, systematics and epidemiology of *Trichinella*. *Int J Parasitol* 2005; 35:1191-1204.
- 41. Pozio E, Murrell KD.** Systematics and epidemiology of *Trichinella*. *Adv Parasitol* 2006; 63:367-439.
- 42. Pozio E.** World distribution of *Trichinella* spp. Infections in animals and humans. *Vet Parasitol* 2007a; 149:3-21.
- 43. Pozio E.** Taxonomy, biology and epidemiology of *Trichinella* parasites. En: Dupouy-Camet J, Murrell KD editors. FAO/WHO/OIE. Guidelines for the surveillance, management, prevention and control of trichinellosis. World Organisation for Animal Health Press, París, 2007b, p. 1-37.
- 44. Pozio E, Rinaldi L, Marucci G, Musella V, Galati F, Cringoli G, et al.** Hosts and habitats of *Trichinella spiralis* and *Trichinella britovi* in Europe. *Int J Parasitol* 2009; 39: 71-79.
- 45. Reina D, Muñoz-Ojeda MC, Serrano F, Molina JM, Navarrete I.** Experimental trichinellosis in goats. *Vet Parasitol* 1996; 62:125-132.
- 46. Ribicich M, Gamble HR, Bolpe J, Rosa A, Franco A.** Trichinellosis in Argentina: an historical review. *Vet Parasitol* 2005; 132:137-14.
- 47. Ribicich M, Gamble HR, Rosa A, Sommerfelt I, Marquez A, Mira G, et al.** Clinical, haematological, biochemical and economic impacts of *Trichinella spiralis* infection in pigs. *Vet Parasitol* 2007; 147: 265-270.

- 48. Ribicich M, Gamble HR, Bolpe J, Sommerfelt I, Cardillo N, Scialfa, E, et al.** Evaluation of the risk of transmission of *Trichinella* in pork production Systems of Argentina. *Vet Parasitol* 2009; 159:350-353.
- 49. Ribicich M, Gamble HR, Bolpe J, Scialfa E, Krivokapich S, Cardillo N, et al.** *Trichinella* infection in wild animals from endemic regions of Argentina. *Parasitol Res* 2010; 107:377-380.
- 50. Ribicich M, Krivokapich S, Pasqualetti M, Gonzalez Prous CL, Gatti GM, Falzoni E, et al.** Experimental infection with *Trichinella* T12 in domestic cats. *Vet Parasitol* 2013; 194:168-170.
- 51. Riva E, Steffan PE, Fiel CA.** *Trichinellosis*: Aspectos múltiples de una zoonosis global. *Red de Helminología para América Latina y el Caribe*, 2005.
- 52. Riva E, Steffan P, Guzmán M, Fiel C.** Persistence of *Trichinella spiralis* muscle larvae in natural decaying mice. *Parasitol Res* 2012; 111:249-255.
- 53. Soulé C, Dupouy-Camet J, Georges P, Ancelle T, Gillet JP, Vaissaire J, et al.** Experimental trichinellosis in horses: biological and parasitological evaluation. *Vet Parasitol* 1989; 31:19-36.
- 54. Stojcevic D, Zivicnjak T, Marinculic A, Marucci G, Andelko G, Brstilo, M, et al.** The Epidemiological Investigation of *Trichinella* infection in Brown Rats (*Rattus norvegicus*) and Domestic Pigs in Croatia Suggests That Rats are not a Reservoir at the Farm Level. *J Parasitol* 2004; 90:666-670.
- 55. Tesón M, Huici N, Regis A, Novak F.** Triquinelosis en jabalíes en el departamento Lacar, Neuquén. *Veterinaria Argentina* 1997; 14:187-190.
- 56. Theodoropoulos G, Kapel CMO, Webster P, Saravanos L, Zaki J, Koutsotolis K.** Infectivity, predilection sites, and freeze tolerance of *Trichinella* spp. in experimentally infected sheep. *Parasitol Res* 2000; 86:401-405.
- 57. Zimmerman WJ, Hubbard ED, Schwarte LH, Biester HE.** Trichinosis in Iowa swine with further studies on mode of transmission. *Cornell Vet* 1962; 52:156-163.