

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Dirección General de Investigación  
Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud

Informe final

**Detección de *Toxoplasma gondii* por qPCR en carne de cerdo de los mercados  
municipales de la ciudad de Guatemala**

Equipo de investigación

**M.V. MA. Flor Dinorah Porras López**

Ana Isabel Girón Auxiliar de investigación

Guatemala, 13 de enero de 2020

Unidad avaladora: Instituto de investigaciones en Ciencia Animal y Ecosalud

**Contraportada (reverso de la portada)**

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Dra. Hilda Elena Valencia de Abril  
Coordinadora del Programa Interdisciplinaria en Salud

MV. MA. Flor Dinorah Porras López  
Coordinadora del proyecto

Br. Ana Isabel Girón  
Auxiliar de investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.1.90 durante el año 2019 en el Programa Universitario Interdisciplinaria en salud.

Financiamiento aprobado por Digi: Q. 73,972.92

## Índice

	Pág.
1. Resumen.....	4
2. Palabras clave.....	4
3. Abstract and keyword .....	4
4. Introducción .....	5
5. Planteamiento del problema.....	6
6. Preguntas de investigación.....	7
7. Delimitación en tiempo y espacio.....	7
7.1 Delimitación en tiempo .....	7
7.2 Delimitación espacial .....	8
8. Marco teórico .....	8
8.1 Toxoplasma gondii .....	8
8.1.1 Taxonomía .....	8
8.1.2 Ciclo evolutivo.....	8
8.2 Toxoplasmosis en el ser humano.....	9
8.2.1 Importancia en la salud pública .....	10
8.3 Toxoplasmosis en porcinos .....	10
8.4 Reacción en cadena de la polimerasa (PCR).....	10
8.4.1 Principio.....	11
8.4.2 Etapas.....	11
8.4.3 PCR en tiempo real (qPCR).....	11
9. Estado del arte.....	12
10. Objetivo general .....	13
11. Objetivos específicos.....	13
12. Materiales y métodos .....	13
12.1 Enfoque y tipo de investigación .....	13
12.1.1 Enfoque de investigación .....	13
12.1.2 Tipo de investigación .....	13
12.2 Método.....	13
13. Vinculación, difusión y divulgación .....	14
14. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados: .....	14
15. Análisis y discusión de resultados:.....	15
16. Conclusiones .....	15
17. Impacto esperado.....	15

18.	Referencias.....	16
19.	Apéndice.....	19
19.1	Borrador de Artículo científico.....	¡Error! Marcador no definido.
19.2	Carta de vinculación.....	19

## Detección de *Toxoplasma gondii* por qPCR en carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala

### 1. Resumen

La carne de cerdo cruda o insuficientemente cocida es una de las fuentes de infección de *Toxoplasma gondii* más comunes a nivel mundial, por ser uno de los animales más susceptibles. El objetivo del presente estudio era determinar la presencia de *Toxoplasma gondii* en carne de cerdo mediante la realización de pruebas moleculares, ya que en estudios previos realizados en otros países se encontró su presencia en carne de cerdo, aves y bovino; por lo que era necesario saber si la carne de cerdo representa una posible fuente de infección para humanos en Guatemala. Se colectaron 250 muestras de carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala a las que se les realizó ensayos de qPCR para la amplificación de ADN de *Toxoplasma gondii*. Como resultado del estudio se evidenció que no existía presencia de ADN de *Toxoplasma gondii* en las 250 muestras de carne de cerdo colectadas.

### 2. Palabras clave

toxoplasmosis, ETA, salud pública, zoonosis.

### 3. Abstract and keyword

Raw or undercooked pork is one of the most common sources of *Toxoplasma gondii* infection worldwide, as it is one of the most susceptible animals. The objective of the study was to determine the presence of *Toxoplasma gondii* in pork by molecular tests, since in previous studies carried out in other countries its presence was found in pork, poultry and cattle; in order to evidence if the pork could be a source of infection to humans. 250 samples of pork were collected from the municipal markets of Guatemala city, qPCR assays were performed for the amplification of *Toxoplasma gondii* DNA. As a result of the study, it was evidenced that there is no presence of *Toxoplasma gondii* DNA in the 250 samples collected.

Keywords: toxoplasmosis, FTA, public health, zoonosis

#### 4. Introducción

La toxoplasmosis es una enfermedad zoonótica, que según el tipo transmisión que ocurra y el estado inmunitario de la persona ocasiona diferentes cuadros clínicos (Acha & Szyfres, 2003). Las personas inmunocompetentes que se contagian por vía oral sufren signos comunes e inespecíficos por semanas o meses y se recuperan sin diagnóstico, aunque puede haber complicaciones a nivel ocular; en menor medida se desarrollan linfadenopatías letales (Dubey, 2010). En la transmisión congénita, si la infección se da en el primer trimestre puede resultar en deformaciones o muerte fetal, mientras que el contagio en el segundo y tercer tercio suele ocasionar fetopatías del sistema nervioso y retinocoroiditis (Dubey, 2010).

Es una enfermedad de distribución mundial, que se encuentra con mayor frecuencia en países de Latinoamérica (Hill & Dubey, 2002). Su presencia varía según el clima, la higiene y los hábitos alimenticios; viéndose favorecida por climas cálidos, terrenos llanos, producciones de animales poco tecnificadas y consumo de carnes crudas o poco cocidas (Dubey, 2010; Sánchez et al., 2016). Se considera una de las principales enfermedades de transmisión alimenticia (ETAs) responsable de muertes a nivel global, estimando que un 50 % de los casos de toxoplasmosis se deben a alimentos contaminados (Bayarri, García, Lázaro, Pérez-Arquillué & Herrera, 2012).

Se conocen prevalencias tan bajas como del 4 % en Corea y tan altas como del 92 % en Brasil (Dubey, 2010). Se han realizado múltiples estudios de seroprevalencia, con el fin de monitorear la prevalencia de la enfermedad, sobre todo en mujeres y niños por ser grupos de interés. En Argentina se reportó en 2002 que 51.71 % (649) de 1,256 niños de 0 a 15 años de edad, de un área de asentamiento de Río Cuarto, eran positivos a *Toxoplasma gondii* (Chiaretta, Sbaffo, Cristofolini & Molina, 2003); mientras que, en Venezuela en 2005 la seroprevalencia de 446 mujeres embarazadas fue de 38 % (161) (Triolo-Mieses & Traviezo-Valles, 2006).

Los estudios mencionados son parte de una gran cantidad de trabajos de monitoreo que permitieron reportar que, en parte de Suramérica del año 2000 al 2010 la seroprevalencia disminuyó en un promedio de 5 % gracias a los programas de prevención en mujeres embarazadas (Dubey, 2010). Lo que es significativo ya que de forma general se estima que la prevalencia de Suramérica es del 30 % al 80 % (Sánchez et al., 2016).

En Guatemala existen estudios aislados en grupos de interés. En el 2005 se muestrearon 279 mujeres embarazadas del hospital nacional Roosevelt y fueron seropositivas el 69.9 % (195) (Zambrano, 2006). En 2009, se muestrearon 100 estudiantes mujeres de medicina veterinaria y 19 % fueron positivas, de las cuales el 74 % eran cuadros agudos y 26 % crónicos (Escobar, 2009).

En 2011 se muestrearon 236 mujeres en edad fértil de Zacapa y el 50.4 % (119) fue positiva (Estrada, Lemus & Portillo, 2012).

Otro grupo estudiado en el país han sido personas con inmunosupresión. En 2002 se utilizó la prueba de ELISA en 342 pacientes con VIH-SIDA del Hospital Roosevelt, siendo el 62.3 % (213) positivos a *Toxoplasma gondii* (Méndez, 2005). Esto representa un alto número de personas en riesgo de padecer toxoplasma cerebral, que es una condición letal, y en este tipo de pacientes la posibilidad de padecerla va del 30 % al 40 % (Gómez-Marina, Alvarado, Hernández, Cuervo & Saravia, 2001).

Tomando en consideración que la infección por *Toxoplasma gondii* constituye un problema de Salud Pública y que es necesaria la identificación de fuentes potenciales de infección para poder tomar las medidas preventivas que eviten la infección se realizó el presente estudio.

En el presente estudio se tomaron 250 muestras de carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala para determinar si existía presencia de *Toxoplasma gondii* en las muestras e identificar una posible fuente de infección para los humanos en el país, tomando en consideración que en estudios previos en otros países se encontró la presencia de *Toxoplasma gondii* tanto en carne de cerdo como en carne de pollo y de bovino.

A las muestras colectadas se les realizó la prueba de qPCR para detección del ADN del *Toxoplasma gondii*; las muestras fueron negativas a la prueba por lo que se concluyó que no existe la presencia de *Toxoplasma gondii* en las 250 muestras colectadas.

## 5. Planteamiento del problema

*Toxoplasma gondii* es un protozoo zoonótico, que afecta a los seres humanos de forma accidental; puede ocasionar linfopatías, neuropatías y uveítis (Acha & Szyfres, 2003). En su transmisión congénita, si la infección se da durante el primer trimestre del embarazo, puede haber fetopatías o muerte fetal (Acha & Szyfres, 2003; Dubye, 2010). Es una enfermedad de distribución mundial, variando su prevalencia en cada región, según Dubey (2010) es de 4 % en Corea y tan alta de 92 % en Brasil. En Guatemala no hay estudios ni registros epidemiológicos y se han realizado pocos estudios de seroprevalencia. En 1999 se encontró una seroprevalencia de 12.4 % de 532 niños de San Juan Sacatepéquez (Jones et al., 2005). En 2007 del total de niños seropositivos (12.4 %), se encontró 4.5 % con lesiones oculares congruentes con toxoplasmosis (López, Jones & Arana, 2008).

Se han realizado pruebas en mujeres como grupo de riesgo; en 2005 se muestrearon 279 mujeres embarazadas del hospital Roosevelt, fueron positivas el 69.9 % (Zambrano, 2006); en 2009 se

muestrearon 100 estudiantes mujeres de medicina veterinaria y 19% fueron positivas, de las cuales el 74 % eran cuadros agudos y 26 % crónicos (Escobar, 2009); en 2011 se muestrearon a 236 mujeres en edad fértil de Zacapa, el 50.4 % fue positiva (Estrada et al., 2012). Se puede evidenciar que, aunque no hay conocimiento sistematizado de la prevalencia en el país, hay presencia significativa de la enfermedad, haciendo necesario conocer la fuente de infección.

La toxoplasmosis es de las principales causas de muertes por ETAs, estimando que el 50 % de casos son causadas por alimentos contaminados, y según los hábitos de consumir carne cruda o poco cocida, representa del 36 % al 63 % de las causas (Bayarri et al., 2012). Es por ello que el presente estudio busca determinar si la carne de cerdo es una fuente potencial de infección, ya que este es uno de los animales más susceptibles a padecer la enfermedad (Dubey, 2009). Según Menchú y Méndez (2011) en Guatemala el cerdo se consume menos que la res o pollo, pero representa un consumo anual de 6.8lb per cápita, sumado a que el sistema de producción imperante es el de traspatio, donde se alimenta a los porcinos con desperdicio (Calderón, 2015).

Debido a la alta adaptabilidad al entorno del *Toxoplasma gondii*, este puede hallarse en cualquier tejido, pero existe preferencia por tejido nervioso y grandes masas musculares, por lo tanto, se pretende demostrar la presencia de este parásito en bíceps femoral (posta), que es el corte de cerdo más económico, y por tanto de mayor acceso (Dubey, 2010). Se eligió utilizar carne de mercados por ser el último paso en la cadena de distribución, ya que el contacto con reservorios podría contaminar la carne fuera del sistema de producción, y según Ángel (2008) de 100 roedores capturados en 2007 en tres mercados de la zona 1 capitalina, el 66 % fueron positivos a toxoplasmosis.

## 6. Preguntas de investigación

- ¿Existe presencia de *Toxoplasma gondii* en la carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala, Guatemala?
- ¿Qué proporción de las muestras que se analizarán están infectadas con *Toxoplasma gondii*?

## 7. Delimitación en tiempo y espacio

### 7.1 Delimitación en tiempo

El proyecto de investigación tuvo una duración de 11 meses, inició el 01 de febrero del año 2019 y finalizó el 13 de enero del 2020. Inicialmente se planificó una duración de ocho meses, pero debido a los atrasos en las compras y al cierre de la universidad durante el mes de Agosto fue necesario solicitar una prórroga para entrega del informe final.

## 7.2 Delimitación espacial

El estudio se realizará en la ciudad de Guatemala, tomando en cuenta las 208 carnicerías y 137 marranerías ubicadas en los 23 mercados municipales, distribuidos en las zonas 1,3,4,5,6,7,10,11,12,13,19 y 21. Como lo tiene el registro de la Municipalidad de Guatemala.

## 8. Marco teórico

### 8.1 Toxoplasma gondii

#### 8.1.1 Taxonomía

Filo: Apicomplexa

Clase: Sporozoa

Subclase: Coccidiasina

Orden: Toxoplasmatidae

Género: Toxoplasma

Especie: *Toxoplasma gondii* (Dubey, 2010)

#### 8.1.1 Ciclo evolutivo

*Toxoplasma gondii* es un protozoo intracelular obligatorio zoonótico de distribución mundial, capaz de invadir y multiplicarse en cualquier célula de todos los animales homeotermos, aunque su único hospedero definitivo son los felinos (Dubey, 2010). Tiene un ciclo evolutivo dividido en una fase enteroepitelial (sexual), la cual posee cinco estados de los cuales tres solo se encuentran en el hospedero definitivo, y una fase sistémica (asexual) (Dubey, Lindsay, & Speer, 1998). Esta diferencia es la que marca la fase sexual, que solo se da en felinos, que termina con la eliminación de ooquistes, que esporulan en el ambiente para ser consumidos (Dubey, 2010).

Los ooquistes esporulados de la fase sexual, son la única de las tres formas infectivas del parásito que puede sobrevivir en el medio ambiente, existen dos formas infectivas más intracelulares, los taquizoitos (multiplicación rápida) y bradizoitos (multiplicación lenta) (Hill & Dubey, 2002). En la fase asexual, que puede ocurrir en muchos mamíferos, incluido los felinos, estas dos formas infectivas son las que forman quistes tisulares en cualquier tejido; habiendo preferencia por tejido nervioso y grandes masas musculares (Dubey, 2010). Estos son viables hasta la descomposición del tejido, la cocción o en cuanto a músculo la congelación a -15 °C por 3 días o a -20 °C por 2 días (Acha & Szyfres, 2003).

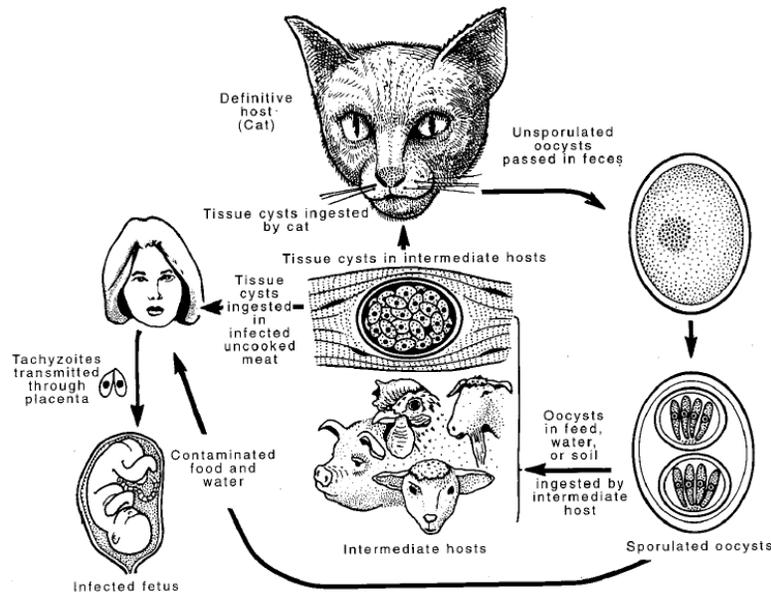


Figura I. Ciclo de vida de *Toxoplasma gondii*. Tomado de Hill y Dubey (2002).

## 8.2 Toxoplasmosis en el ser humano

La toxoplasmosis en el ser humano puede ocurrir por transmisión oral, por consumo de agua, vegetales, frutas y carnes contaminadas con ooquistes esporulados, también se puede dar por contacto con tierra, heces de felinos, frutas, vegetales o carnes crudas contaminadas al haber malas prácticas de higiene y no lavarse las manos adecuadamente (Acha & Szyfres, 2003). Las personas inmunocompetentes suelen padecer cuadros de síntomas comunes e inespecíficos, catalogados como malestar general, por semanas y meses antes de recuperarse; las complicaciones que pueden ocurrir son a nivel de nervio ópticos o linfadenopatías letales (Dubey, 2010). Las personas inmunosuprimidas son más susceptibles a desarrollar los cuadros más complejos y letales de la enfermedad, como toxoplasma cerebral (Gómez-Marina et al., 2001).

La transmisión congénita se da por taquizoitos que viajan por sangre de la madre al feto, por lo que ella debe infectarse durante el embarazo para que pueda ocurrir esta transmisión (Dubey, 2010). Afecta de diversas maneras dependiendo el momento de la infección (Dubey, 2010). En el primer trimestre suelen presentarse las repercusiones más graves, como mutaciones o muerte fetal, aunque es el momento del embarazo menos común en el que hay infección (10 % al 15 %) (Dubey, 2010). La mayor parte de infecciones ocurren en el tercer trimestre (60 %-90 %) y resulta en fetopatías del sistema nervioso y retinocoroiditis, siendo este último el signo más característico de la toxoplasmosis congénita (Dubey, 2010).

### 8.2.1 Importancia en la salud pública

La toxoplasmosis es considerada una de las principales ETAs responsables por muertes a nivel mundial, se estima que el 50% de casos de toxoplasmosis se deben a agua o alimentos contaminados, donde la carne puede representar del 36 % al 63 % de los casos, según los hábitos de consumo de carne cruda o insuficientemente cocida (Bayarri et al., 2012).

Se han realizado múltiples estudios que han establecido la susceptibilidad de los ovinos, caprinos y porcinos a padecer la enfermedad, lo que no descarta la presencia de quistes tisulares en bovinos, aves y otros animales de consumo humano (Dubey, 2010). Lo que abarca una porción de la amplia gama de hospederos intermediarios, esta característica sumada su alta adaptabilidad al medio, la gran cantidad de fuentes de infección disponibles, así como de pasar desapercibida en una alta proporción de animales y humanos enfermos, hacen de esta una enfermedad de importancia en la salud pública, y necesario establecer la condición de la cadena epidemiológica en cada región (Acha & Szyfres, 2003).

### 8.3 Toxoplasmosis en porcinos

En el cerdo la toxoplasmosis cursa de forma subclínica, muy pocas veces diagnosticada, y es poco común que se presenten signos; los que se logran identificar algunas veces son mortinatos o nacimientos de lechones débiles (Dubey, 2010). La prevalencia aumenta en producciones extensivas o traspatio, entre más contacto tengan los cerdos con el suelo, desechos y otros animales; ya que aumenta el riesgo de consumir ooquistes esporulados (Basso & Venturini, 2008; Dubey, 2010).

Históricamente se ha considerado al cerdo el principal responsable de la transmisión de *Toxoplasma gondii* por consumo de carne cruda o insuficientemente cocida, lo que en parte se debe a su susceptibilidad al protozoo; sin embargo, estudios recientes han demostrado que las ovejas y cabras son aún más susceptibles que los porcinos al *Toxoplasma gondii* (Dubey, 2010). Una de las principales razones por la cual la carne de cerdo sigue siendo de mayor interés, que la de otros productos cárnicos en Latinoamérica, es que en los sistemas de producción extensivos y semi intensivos alimentan a los animales con desechos, permiten el contacto con otras especies, típicamente gatos y perros, y dejan a los animales en contacto con el suelo (Calderón, 2015).

### 8.4 Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

La reacción en cadena de la polimerasa es una técnica de biología molecular también conocida como PCR por sus siglas en inglés, fue inventada en 1983 por Karry Mullis (Rodríguez & Barrera, 2004). Es una prueba altamente sensible y específica, dependiendo del diseño de los

iniciadores (primers o cebadores), ya que estos se unen a fragmentos específicos del ácido desoxirribonucléico (ADN) blanco (Rodríguez & Barrera, 2004).

Debe su nombre al uso de una enzima polimerasa, que se activa como un catalítico con el calor y es termoestable; que actúa al agregar dNTP's complementarios para crear a través de la enzima la cadena de ADN (Tamay de Dios, et al., 2013). La polimerasa más utilizada es la obtenida de una bacteria (*Thermus aquaticus*) (Rodríguez & Barrera, 2004).

#### 8.4.1 Principio

Existe diferentes tipos de PCR, PCR en tiempo real (qPCR), PCR convencional y PCR digital, todas trabajan bajo el mismo principio el cual es producir miles de copias de un fragmento específico de ADN; a la producción de dichas copias se le llama amplificación y es exponencial (Mas, Poza, Ciriza, Osta, & Rodellar, 2001). Dicha amplificación se realiza dentro de equipo especializado llamado termociclador, los cuales se programan para realizar ciclos a diferentes temperaturas, y la cantidad de ciclos varía de un procedimiento a otro (Mas et al., 2001).

#### 8.4.2 Etapas

Existen tres etapas, la primera es la desnaturalización, donde la doble cadena de ADN se separa en dos hebras, este proceso ocurre mediante incubación a 94 °C, a esta temperatura se rompe los puentes de hidrógeno de la doble hélice de ADN, permitiendo así exponer las diferentes bases nitrogenadas para la hibridación de los iniciadores (Rodríguez & Barrera, 2004).

La segunda etapa es la hibridación, que ocurre a una temperatura de 50-65 °C, a la cual los iniciadores se unen a las zonas 3' y 5' en los extremos del fragmento que se quiere amplificar (Mas et al., 2001). Finalmente, la tercera etapa es de extensión que se realiza a 72 °C, para activar la polimerasa y así sintetizar la nueva cadena de ADN (Rodríguez & Barrera, 2004).

#### 8.4.3 PCR en tiempo real (qPCR)

La qPCR combina la amplificación y detección en un mismo paso, al correlacionar al producto de la PCR de cada uno de los ciclos con una señal de intensidad de fluorescencia (Bell & Randfort-Cartwright, 2002). Para ésta PCR se utiliza una sonda que contiene una secuencia complementaria al ADN blanco y un fluorocromo que se libera al completarse cada copia del fragmento de ADN y emite una señal de fluorescencia que a su vez es detectada por el termociclador (Aguilera, Ruíz Tachiquín, Rocha Munive, Pineda Olvera, & Chánez Cárdenas, 2014). El resultado de la PCR en tiempo real se ve mediante una gráfica en una computadora conectada al termociclador, donde se puede observar la amplificación exponencial del ADN que se ve reflejada en la formación de una curva (Bell & Randfort-Cartwright, 2002).

## 9. Estado del arte

La qPCR es una técnica altamente sensible y específica, que permite hacer muestreos con confiabilidad, ya que puede detectar hasta cantidades mínimas de 0.1pg de ADN de *Toxoplasma gondii*, lo que equivale a un bradizoito (Jauregui, Higgins, Zarlenga, Dubey & Lunney, 2001). Razón por la que ha sido ampliamente utilizada para la detección de *Toxoplasma gondii* en carne de consumo humano.

En la actualidad países de Europa reportan bajas prevalencias, como lo fue Suiza en 2007 a 2008, donde se muestreó el diafragma de diferentes grupos de 420 suinos, 250 ovinos y 406 bovinos, obteniendo una prevalencia de 2.2 %, 2 % y 29.8 %, respectivamente (Berger-Schoch et al., 2010).

En Estados Unidos, la prevalencia también ha disminuido en la última década, aunque se estima que tan solo el 1 % de prevalencia representa cerca de un millón de cerdos infectados (Jones & Dubey, 2012). En un estudio de Dubey y colaboradores (2005) en 2004 se evaluaron 6,282 muestras de pollo, res y cerdo, 2,094 muestras de cada carne; con cada grupo de muestra se alimentaron 7 gatos para luego hacer exámenes coprológicos de los mismos y verificación con bioensayo. Solo los 7 gatos alimentados con cerdos fueron positivos a la eliminación de ooquistes de *Toxoplasma gondii*. Se considera que una proporción significativa de este tipo de resultados se debe a la crianza orgánica (Dubey et al., 2005). Esto debido otro estudio que encontró 0 % de prevalencia en 621 muestras de cerdos de explotaciones tecnificadas, pero encontró prevalencia de 2.9 % (38) de 1295 muestras de cerdos en crianza orgánica (Kijlstra, Cornelissen, Munniksmá, Eijck & Kortbeek, 2004).

Dos estudios realizados en Colombia permiten ver como las estrategias de control y monitoreo en Latinoamérica han disminuido la incidencia de *Toxoplasma gondii* en las fuentes de infección. En 2006 se usó PCR para determinar una prevalencia de 40 % en aves, 48.33 % en bovinos y 70 % en porcinos (Lora et al., 2007). Siete años después se hizo un estudio similar y se obtuvo una prevalencia de 35 % en aves, 27.5 % en bovinos y 32.5 % en porcinos (Campo-Portacio et al., 2014).

En México en 2009 se utilizó PCR, ELISA e histopatología en 48 muestras de lomo y pierna de cerdo, ninguna fue positiva a *Toxoplasma gondii*; resultado poco esperado por la alta prevalencia de la enfermedad en humanos en el país (Galván-Ramírez et al., 2010). Se supuso que los tejidos elegidos no estaban contaminados, lo que no descarta que el resto del cerdo no lo estuviera, lo que es un riesgo común en la detección de ADN a través de PCR en tejido (Galván-Ramírez et al., 2010). En Guatemala no se cuentan con estudios sobre el papel de la carne de cerdo como fuente potencial de infección de *Toxoplasma gondii*.

## 10. Objetivo general

Determinar si la carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala es una fuente potencial de infección de *Toxoplasma gondii*.

## 11. Objetivos específicos

- Determinar la presencia de *Toxoplasma gondii* en la carne de cerdo procedente de mercados municipales de la ciudad de Guatemala, Guatemala
- Determinar la proporción de muestras positivas a *Toxoplasma gondii*.

## 12. Materiales y métodos

### 12.1 Enfoque y tipo de investigación

#### 12.1.1 Enfoque de investigación

La presente investigación tiene un enfoque positivista (cuantitativo), se evaluará la presencia y la proporción de *Toxoplasma gondii* en las muestras de carne de cerdo colectadas.

#### 12.1.2 Tipo de investigación

Es un proyecto de investigación descriptiva transversal.

### 12.2 Método

El universo poblacional lo constituyen los 345 puestos de venta de carne de los 23 mercados municipales, distribuidos en 208 carnicerías y 137 marranerías, como está inscrito en el registro de la Municipalidad de Guatemala. La muestra será carne de cerdo, específicamente posta, tomando 4 onzas por puesto.

Los criterios de inclusión:

- Ser posta de cerdo.
- Ser carnicerías y marranerías de mercados municipales.

Los criterios de exclusión:

- Ser carnicerías y marranerías de mercados cantonales.
- Ser carne de res.
- Ser pollo o gallina.

Se estableció el muestreo aleatorio de 250 puestos, se utilizó la fórmula de muestro de proporciones con poblaciones finitas, utilizando un 95 % de confianza, un 3 % de margen de error y un 70 % de frecuencia esperada, que fue tomada de la prevalencia encontrada en Colombia (Loras et al., 2007). La distribución de puestos muestreados por mercado se encuentra detallado en el Apéndice 1.

$$n = \frac{Z^2 N p q}{Z^2 p q + (N - 1) d^2}$$

Se muestreó en las primeras horas de la mañana porque se estableció que a esas horas la carne está fresca, ya que empiezan a funcionar los mercados y por lo tanto hay mayor probabilidad de encontrar el *Toxoplasma gondii* en la carne de cerdo de los mercados municipales. El muestreo se realizó de forma aleatoria al momento de seleccionar los puestos y en temporalidad, lo que significa que se tomaron dos muestras por semana en cada mercado, a modo de permitir recambio de lotes de cerdo en los mercados; para los mercados más grandes con más de 18 muestras se tomaran 3 muestras por semana.

Se guardaron las muestras en bolsas ziploc individuales congelables, para después ponerse en bolsas ziploc congelables más grandes previamente identificadas con el nombre del mercado y si son muestras de carnicería o marranería. Las bolsas se guardaron en hielera con hielo y se transportaron en moto al laboratorio. Una vez en el laboratorio se almacenaron en un congelador vertical de -20 °C especial para laboratorio, al cual se le monitoreó la temperatura a la largo del tiempo de duración del estudio.

### 13. Vinculación, difusión y divulgación

Se realizó vinculación con la Gremial de Especialistas Técnicos en Cerdos de Guatemala (GRETECEG) para dar a conocer los resultados de la presente investigación.

Se adjunta carta de vinculación en Anexos.

La divulgación de los hallazgos de la presente investigación se hizo a través de un artículo científico cuyo borrador se encuentra en Anexos. El artículo científico será presentado a la Revista de la Digi para su revisión y publicación.

### 14. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:

No se detectó la presencia de ADN de *Toxoplasma gondii* en las 250 muestras de posta de cerdo colectadas en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala.

## 15. Análisis y discusión de resultados:

En el estudio realizado la ausencia de *Toxoplasma gondii* se reconoce como inesperada y poco coherente a los factores de riesgo presentes como la presencia de la enfermedad en grupos vulnerables (Estrada et al., 2012; López, Jones y Arana, 2008) y la alta sensibilidad y especificidad de la prueba de qPCR (Jauregui, Higgins, Zarlenga, Dubey y Lunney, 2001). Sin embargo, no es el primer estudio en la región que arroja datos negativos a pesar de las circunstancias atenuantes que suponen presencia de *T. gondii* en carne de cerdo, como lo es el estudio realizado en diferentes cortes de carne porcina en México por Galván-Ramírez et al (2010).

Las muestras negativas evidencia la ausencia de *Toxoplasma gondii* en las muestras colectadas. La ausencia de *Toxoplasma gondii* puede explicarse tomando en consideración que en los últimos años la municipalidad de Guatemala ha ejercido más control sanitario sobre los puestos registrados. Para el diseño de muestreo del presente estudio se tomó en cuenta únicamente los puestos registrados por la municipalidad, se conoce que hay más control sobre esos puestos. La carne de cerdo que llega a los puestos ha pasado por inspección lo que significa que los animales han sido faenados en rastro registrado y no es carne proveniente de rastros clandestinos; lo que da una mayor seguridad para el consumo humano.

Aunado a lo anterior, en los últimos años la Asociación de Porcicultores de Guatemala (APOGUA), sus veterinarios y sus granjas socias han hecho un esfuerzo por mejorar la bioseguridad dentro de las granjas para prevenir el ingreso de enfermedades. Las medidas de bioseguridad implementadas evitan el riesgo de exposición de los cerdos al *Toxoplasma gondii* durante la producción en granja.

Las muestras negativas indican que no hubo infección durante la producción y que no hubo contaminación de la carne en los procesos posteriores hasta su distribución.

## 16. Conclusiones

- No se encontró *T. gondii* en las 250 muestras de posta de cerdo colectadas en los 23 mercados municipales de la ciudad de Guatemala.

## 17. Impacto esperado

Se demostró la ausencia de *T. gondii* en las muestras de posta de cerdo colectadas en los 23 mercados municipales de la ciudad de Guatemala, lo cual no se había sido estudiado hasta el

momento y contribuye al conocimiento sobre la epidemiología de la enfermedad al demostrarse que la carne de cerdo muestreada no constituye una fuente de infección; contrario a lo que se ha demostrado en otros estudios y en otros países.

Sin embargo, se considera necesario hacer estudios adicionales en Guatemala para identificar otras fuentes potenciales de infección de toxoplasmosis. Los estudios deberán incluir alimentos para consumo humano como frutas, verduras y otros alimentos para consumo humano donde de acuerdo a sus condiciones de producción y distribución exista riesgo de contaminación con *Toxoplasma gondii*.

## 18. Referencias

- Acha, P., & Szyfres, B. (2003). *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales*. Recuperado de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2017/Acha-Zoonosis-Spa.pdf>
- Aguilera, P., Ruíz Tachiquín, M., Rocha Munive, M. G., Pineda Olvera, B., & Chánez Cárdenas, M. E. (2014). PCR en tiempo real. En Cornejo Romero, A., Serrato Díaz, A., Rendón Aguilar, B., & Rocha Munive, M.G. (Ed.), *Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos* (pp.175-201). Distrito Federa, México: INECC-SEMARNAT.
- Ángel Orellana, D. P. (2008). *Determinación de la presencia de quistes de Toxoplasma gondii, en ratas o ratones de tres mercados municipales de la ciudad de Guatemala*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Basso, W. U., & Venturini, M. C. (2008). Toxoplasmosis en los animales domésticos y silvestres criados en cautiverio: aspectos epidemiológicos. En R. Cacchione, R. Durlach, & P. Martino (Eds.), *Temas de Zoonosis IV* (pp. 1-7). Buenos Aires: Asociación Argentina de Zoonosis.
- Bayarri, S., García, M. J., Lázaro, R., Pérez-Arquillué, C., & Herrera, A. (2012). *Toxoplasma gondii* in meat and food safety implications - a review. En J. Lorenzo-Morales (Ed.), *Zoonosis* (pp. 229-254). Zaragoza: InTech.
- Bell, A. S., & Randfort-Cartwright, L. C. (2002). Real-time quantitative PCR in parasitology. *Trends in parasitology*, 18(8), 337-442. doi:10.1016/S1471-4922(02)02331-0
- Berger-Schoch, A. E., Herrmann, D. C., Schares, G., Müller, N., Bernet, D., Gottstein, B., & Frey, C. F. (2010). Prevalence and genotypes of *Toxoplasma gondii* in feline faeces (oocysts) and meat from sheep, cattle and pigs in Switzerland. *Veterinary Parasitology*, 177(3-4), 290-297. doi:10.1016/j.vetpar.2010.11.046
- Calderón Mérida, R. O. (2015). *Análisis de la información del censo porcino de traspatio y determinación de la cobertura de vacunación del programa de peste porcina clásica, años 2011-2013*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

- Campo-Portacio, D. M., Discuviche-Rebolledo, M.A., Blanco-Tuirán, P.J., Montero-Pérez, Y.M., Orozco-Méndez, K.E., & Assia-Mercado, Y.M. (2014). Detección de *Toxoplasma gondii* por amplificación del gen B1 en carnes de consumo humano. *Infectio*, 18(3), 93-99. doi:10.1016/j.infect.2014.05.001
- Chiaretta, A. E., Sbaffo, A. M., Cristofolini, A. L., & Molina, M. D. (2003). Estudio seroepidemiológico de la toxoplasmosis en niños de áreas de riesgo de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Parasitología Latinoamericana*, 58(3-4), 112-117. doi: 10.4067/S0717-77122003000300004
- Dubey, J. P. (2009). Toxoplasmosis in pigs -- the last 20 years. *Veterinary Parasitology*, 165(2-4), 89-103. doi:10.1016/j.vetpar.2009.05.018
- Dubey, J. P. (2010). *Toxoplasmosis of animals and humans*. New York: CRC Press.
- Dubey, J. P., Hill, D. E., Jones, J. L., Hightower, A. W., Kirkland, E., Robert, J. M., . . . Gamble, H. R. (2005). Prevalence of viable *Toxoplasma gondii* in beef, chicken, and pork from retail meats stores in the United States: Risk assessment to consumers. *The Journal of Parasitology*, 91(5), 1082-1093. doi:10.1645/GE-683.1
- Dubey, J. P., Lindsay, D. S., & Speer, C. A. (1998). Structures of *Toxoplasma gondii* tachyzoites, bradyzoites, and sporozoites and biology and development of tissue cysts. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(2), 267-299.
- Escobar Muñoz, M. S. (2009). *Utilización de la prueba TOXOTEST LATEX® para determinar casos agudos o crónicos de toxoplasmosis en mujeres estudiantes de los diferentes años de medicina veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala durante el año 2008*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Estrada Sánchez, A. M., Lemus Arias, G. A., & Portillo Valdez, D. S. (2012). *Determinación serológica de anticuerpos IgG contra Toxoplasma gondii en mujeres de edad fértil de 15-45 años que habitan en varias comunidades del departamento de Zacapa de Febrero a Julio del año 2011*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Galván-Ramírez, M. L., Madriz Elisondo, A. L., Rico Torres, C. P., Luna-Pastén, H., Rodríguez Pérez, L. R., Rincón-Sánchez, A. R., . . . Correa, D. (2010). Frequency of *Toxoplasma gondii* in pork meat in Ocotlán, Jalisco, México. *Journal of Food Protection*, 73(6), 1121-1123.
- García, J.L., Genari, S.M., Machado, L.Z., y Navarro, I.T. (2006). *Toxoplasma gondii*: detection by mouse bioassay, histopathology, and polymerase chain reaction in tissues from experimentally infected pigs. *Experimental parasitology*, 113(14), 267-271. doi.org/1016/j.exppara.2006.02.00
- Gómez-Marina, J. E., Alvarado, F., Hernández, C., Cuervo, S., & Saravia, J. (2001). Tratamiento de la fase aguda de la toxoplasmosis cerebral con Clindamicina - Falcidar (pirimetamina-sulfadoxina) en pacientes infectados por VIH. *Infectio*, 5(3), 162-168.

- Hill, D., & Dubey, J. (2002). *Toxoplasma gondii*: transmission, diagnosis and prevention. *CMI Clinical Microbiology and Infection*, 8(10), 634-640.
- Jauregui, L. H., Higgins, J., Zarlenga, D., Dubey, J. P., & Lunney, J. K. (2001). Development of a real-time PCR assay for detection of *Toxoplasma gondii* in pigs and mouse tissues. *Journal of Clinical Microbiology*, 39(6), 2065–2071. doi:10.1128/JCM.39.6.2065–2071.2001
- Jones, J. L., & Dubey, J. P. (2012). Foodborne toxoplasmosis. *Clinical Infectious Diseases*, 55(6), 845-851. doi:10.1093/cid/cis508
- Jones, J. L., López, B., Álvarez Mury, M., Wilson, M., Klein, R., Luby, S., & Maguire, J. H. (2005). *Toxoplasma gondii* infection in rural guatemalan children. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 72(3), 295-300.
- Kijlstra, A. E., Cornelissen, J., Munniksma, K., Eijck, I., & Kortbeek, T. (2004). *Toxoplasma gondii* infection in animal-friendly pig production. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45(9), 3165-3169. doi:10.1167/iovs.04-0326
- López, B., Jones, J., & Arana, B. (2008). Toxoplasmosis ocular en niños de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 1(17), 80-89.
- Lora, F., Aricapa, H. J., Pérez, J. E., Arias, L. E., Idarraga, S. E., Mier, D., & Gómez, J. (2007). Determinación de *Toxoplasma gondii* en carnes de consumo humano por la técnica de reacción en cadena de la polimerasa en tres ciudades del eje cafetalero. *Infectio*, 11(3), 117-123.
- Mas, E., Poza, J., Ciriza, J., Osta, R., & Rodellar, C. (2001). Fundamento de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). *Revista AquatTIC*, 1(15).
- Menchú, M., & Méndez, H. (2011). *Análisis de la situación alimentaria en Guatemala*. Guatemala:INCAP.
- Méndez Ruíz, M. M. (Noviembre de 2005). *Determinación de anticuerpos IgG contra Toxoplasma gondii en pacientes con VIH/SIDA que acuden a la Clínica de Enfermedades Infecciosas del Hospital Roosevelt de la ciudad de Guatemala*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
- Rodríguez Sánchez, I. P., & Barrera Saldaña, H. A. (2004). La reacción en cadena de la polimerasa a dos décadas de su invención. *CiENCiA UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*, 3(3), 323-335.
- Sánchez Artigas, R., Cobos Valdés, D., Sánchez Cruz, L., Miranda Cruz, L., Camejo Roviralta, L., Araujo Baptista, L. (2016). La Toxoplasmosis observada como un problema no resuelto. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(3), 272-283.
- Triolo-Mieses, M., & Traviezo-Valles, L. (2006). Seroprevalencia de anticuerpos contra *Toxoplasma gondii* en gestantes del municipio Palavecino, estado Lara, Venezuela. *Kasmera*, 34(1), 7-13.
- Zambrano Bonilla, P. J. (2006). *Prevalencia de Toxoplasmosis en mujeres embarazadas que asisten a la maternidad del Hospital Roosevelt*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

## 19. Apéndice

### 19.2 Carta de vinculación



Guatemala, 18 de Julio de 2018

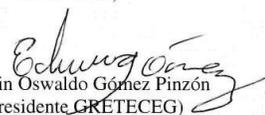
Señores  
**Dirección General de Investigación**  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimados señores:

Reciban un cordial saludo. Por este medio hago constar que la **M.V. MA. Flor Dinorah Porras López** presentó a la Gremial de Técnicos Especialistas en Cerdos de Guatemala (GRETECEG) el proyecto de investigación denominado **“Detección de *Toxoplasma gondii* por qPCR en carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala”**; y que debido a la trayectoria de la doctora y a la importancia del proyecto desde el punto de vista de salud pública veterinaria y por ser un tema de interés para la porcicultura nacional, cuenta con el aval de la GRETECEG.

Sin otro particular,

Atentamente,

  
M.V. Edwin Oswaldo Gómez Pinzón  
Vice-Presidente GRETECEG)  
Colegiado 1,033  
Cel. 57439248  
edosgop@hotmail.com

**Gremial de Técnicos  
Especialistas en Cerdos  
de Guatemala  
GRETECEG**

EDWIN O. GÓMEZ PINZÓN  
MÉDICO VETERINARIO  
COL. 1033

### Listado de los integrantes del equipo de investigación

#### Contratados por contraparte y colaboradores

<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>
Flor Dinorah porras López (Coordinadora)	
Ana Isabel Girón Samayoa	

Nota: Las integrantes del equipo de investigación no fueron contratadas por Digi. La coordinadora cuenta con un contrato con la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, registro de personal: 20150886.

Guatemala, 13 de enero de 2020.

**M.V. MA. Flor Dinorah Porras López**  
Proyecto de Investigación

**Dra. Hilda Valencia de Abril**  
Programa Universitario Interdisciplinario en Salud

**Ing. Agr. Julio Rufino Salazar**  
Coordinador General de Programas