



Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE ZACAPA - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES

Ref: Oficio INV-14-2023
Zacapa, 26 de abril del 2023

Doctora
Alice Burgos Paniagua
Dirección General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetable Doctora Burgos:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para trasladar el informe del proyecto de investigación Prevalencia, caracterización morfológica y molecular de *Echinococcus* spp. y *Taenia* spp. en cerdos de traspatio, sacrificados en tres rastros municipales de Guatemala, con partida presupuestaria 4.8.58.0.71. Coordinado por el maestro Roderico Hernández Chea.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

F. _____
Coordinador de Investigación
Centro Universitario de Zacapa

Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud
(nombre del programa universitario de investigación de la Digi)

Prevalencia, caracterización morfológica y molecular de *Echinococcus* spp. y *Taenia* spp. en cerdos de traspatio, sacrificados en tres rastros municipales de Guatemala.

nombre del proyecto de investigación

4.8.58.0.71
Partida presupuestaria

B28CU-2022
código del proyecto de investigación

Centro Universitario de Zacapa-CUNZAC
unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

MSc. Roderico Hernández Chea
Coordinador del proyecto
M.V. Amanda Paola Morales Ramírez
Investigadora
M.V. Sashira Díaz Sánchez
Investigadora

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Guatemala, 22 de mayo de 2023

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año

Autoridades DIGI/USAC

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

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

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

Autoridades CUNZAC/USAC

Dr. Carlos Vargas
Director CUNZAC

Dr. Manuel Barrios
Coordinador Instituto de investigaciones

Autores

MSc. Roderico Hernández Chea
M.V. Amanda Paola Morales Ramírez
M.V. Sashira Díaz Sánchez

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria 4.8.58.0.71 con código B28CU-2022 en el Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud (PUIIS).

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Formato de informe final (cuerpo del documento)

1 Índice general (incluir índice de Cuadros y figuras)

1	Resumen.....	1
2	Introducción.....	2
3	Planteamiento del problema.....	3
4	Delimitación en tiempo y espacio.....	4
5	Marco Teorico.....	4
7	Estado del arte.....	9
8	Objetivos.....	10
9	Materiales y métodos.....	11
9.1	Enfoque de investigación.....	11
9.2	Método.....	11
9.3	Recolección de la información.....	12
9.4	Técnicas e instrumentos.....	12
10	Resultados y discusión.....	13
10.1	Resultados.....	13
10.2	Discusión.....	15
11	Conclusiones.....	18
12	Referencias.....	19
12	Apéndice.....	24
13	Aspectos éticos.....	26
14	Limitaciones del estudio.....	26
15	Agradecimientos.....	27
16	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	27
17	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS.....	27
18	Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación.....	28
19	Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario.....	28
20	Visado de la Dirección General de Investigación.....	29

1 Resumen y palabras claves

La equinococosis quística causada por el metacestodo de *Echinococcus granulosus* sensu lato; es una de las enfermedades zoonóticas parasitarias más importantes a nivel mundial. Esta infección parasitaria causa grandes pérdidas económicas en el ganado por la condena de los órganos infectados, principalmente de los hígados. Los seres humanos adquieren la infección por la ingestión de huevos derivados de las heces de perros parasitados, y equinococosis quística humana se manifiesta principalmente como una enfermedad hepática crónica. En Guatemala existe un único estudio sobre *Echinococcus* sp., el cual fue realizado en un matadero y reportado en 1944. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de *Echinococcus* sp. en los cerdos de traspatio sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango. Para este propósito se realizaron inspecciones veterinarias de vísceras (hígado, pulmón y mesenterio), para la detección postmortem de metacestodos de cestodos. Los metacestodos encontrados fueron lavados y a los sospechosos a *Echinococcus* sp., se les extrajo el fluido vesicular para determinar su fertilidad y caracterizar la morfología de los protoescólices. Los metacestodos sospechosos al género *Taenia*, fueron evaginados para observar la morfología de los ganchos rostellares. Se examinaron 67 cerdos de traspatio, de los cuales se obtuvieron 733 metacestodos. Se identificó en el 3% de los quistes, la presencia de *Taenia hydatigena* y determinó un alto porcentaje de fertilidad en los metacestodos de *Echinococcus*, el cual fue del 25%. Este es el segundo reporte de *Echinococcus* sp. en el país luego de más de 70 años de no reportarse en el país. Estos hallazgos implican varios vacíos para la biología, ecología y epidemiología de *Echinococcus* en Guatemala ¿Qué genotipos circulan entre los animales domésticos? ¿Estos genotipos poseen potencial zoonótico? ¿Cuáles son los factores ambientales y socioeconómicos que favorecen el ciclo doméstico de *Echinococcus* en el país?

Zoonosis, Guatemala, *Echinococcus*, cestodiasis, cerdos de traspatio

Abstract and keyword

Cystic echinococcosis is caused by the metacestode of *Echinococcus granulosus* sensu lato, and is one of the most important parasitic zoonoses diseases worldwide. This parasitic infection causes great economic losses in cattle due to the condemnation of offal, mainly the livers. Humans acquire the infection by ingesting eggs derived from the feces of parasitized dogs, and human cystic echinococcosis occurs as a chronic liver disease. In Guatemala there is only one study on *Echinococcus* sp., which was carried out in a slaughterhouse and reported in 1944. The objective of this study was to determine the presence of *Echinococcus* sp. in backyard pigs slaughtered in the municipal slaughterhouse of Quetzaltenango. For this purpose, veterinary inspections of viscera (liver, lung and mesentery) were carried out, for postmortem detection of metacestodes. The metacestodes were washed and the vesicular fluid was extracted from those suspected of *Echinococcus* sp. to determine their fertility and characterize the morphology of the protoscolices. The suspected metacestodes of the genus *Taenia* were evaginated to observe the morphology of the rostellar hooks. Sixty-seven backyard pigs were examined, of which 733 metacestodes were obtained. The presence of *Taenia hydatigena* was identified in 3% of the cysts, and a high percentage of fertility (25%) in *Echinococcus* metacestodes was found. This is the second study of *Echinococcus* sp. after more than 70 years of not being reported in the country. These findings imply several gaps for the biology, ecology and

epidemiology of *Echinococcus* in Guatemala. What genotypes are circulating among domestic animals? Do these genotypes have zoonotic potential? What are the environmental and socioeconomic factors that favor the domestic cycle of *Echinococcus* in the country?

Zoonosis, Guatemala, *Echinococcus*, cestodiasis, backyard pigs

2 Introducción

La equinococosis quística (EQ) causada por el metacestodo (estadio larvario) de *Echinococcus granulosus* sensu lato (s.l.), es una de las enfermedades zoonóticas parasitarias más importantes a nivel mundial. Esta infección parasitaria causa grandes pérdidas económicas en el ganado por la condena de los órganos infectados, principalmente de los hígados. Los seres humanos adquieren la infección por la ingestión de huevos derivados de las heces de perros parasitados, y la EQ humana se manifiesta principalmente como una enfermedad hepática crónica (Alvarez et al., 2014; Brunetti et al., 2014). Más importante aún, la EQ puede ser responsable de una infección potencialmente mortal en humanos, se han informado casos fatales de quistes en el cerebro y shock anafiláctico causado por la ruptura de los quistes en el hígado (Eren et al., 2010; Schneider et al., 2010). Las revisiones taxonómicas recientes basadas en datos moleculares han sugerido que *E. granulosus* s.l. consiste en un complejo de genotipos en cinco especies: *E. granulosus* sensu stricto (s.s.); (G1, G2 y G3), *Echinococcus equinus* (G4), *Echinococcus ortleppi* (G5), *Echinococcus canadensis* (G6, G7, G8 y G10) y *Echinococcus felidis* (Thompson y McManus, 2002; Nakao et al., 2007; Hüttner et al., 2007; Nakao et al., 2013). *Echinococcus canadensis* G7 es el genotipo que se encuentra con frecuencia en los cerdos (Polonia, Austria, Eurasia Occidental, México y América del Sur), y se había sugerido que este genotipo es de menor relevancia para la salud humana, porque el número de casos es bajo en las regiones donde esta predomina el genotipo. Sin embargo, en algunos países, *E. canadensis* es la causa predominante de EQ humana, como en Sudán, Egipto, Polonia y Austria (Romig et al., 2006). Se conoce poca información de Guatemala acerca de *Echinococcus* spp. y no se dispone de datos epidemiológicos de la EQ humana, por lo que se desconoce la carga de la enfermedad. Solo un estudio determinó la prevalencia de *Echinococcus* spp. en cerdos sacrificados en mataderos certificados de 1936 a 1942. De 284,772 cerdos examinados, el 1,71% (4,869) se encontró infectado con quistes hidatídicos. Otro estudio de 1946 a 1948 encontró que, en los mataderos, la proporción de cerdos infectados con quistes hidatídicos era de siete casos por cada 30,000 animales sacrificados (Aguilar, 1948). La población porcina en Guatemala se ha estimado en 1,7 millones de cabezas, y cerca del 60% son de traspatio (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2014).

Este tipo de producción es predominante en las zonas rurales donde las personas tienen un gran riesgo de infección por EQ debido a las actividades agrícolas y las prácticas de matanza domiciliaria, sin inspección veterinaria. Además, otra infección parasitaria que ocurre en hígados de los cerdos, es la causada por el metacestodo de *Taenia hydatigena*. El ciclo de vida de *T. hydatigena* incluye caninos como hospedadores definitivos y ovejas, cabras, bovinos y cerdos como hospedadores intermediarios. La infección por este parásito rara vez da lugar a signos clínicos en los cerdos, pero provoca pérdidas económicas debido al decomiso del despojo afectado. *Taenia hydatigena* es un cestodo no zoonótico, sin embargo, el hallazgo de este parásito en cerdos es importante, ya que produce una reacción cruzada

con *Taenia solium* cuando se utilizan pruebas inmunodiagnósticas (Budke et al., 2013). Este cestodo ha sido reportado en todo el mundo, y en América Latina, en Ecuador, Perú y Brasil (Gomez et al., 2015). Hasta la fecha, en Guatemala no se han publicado ni reportado oficialmente informes de *T. hydatigena*. Por lo tanto, se propuso un estudio transversal para determinar las especies y prevalencia de cestodos, en cerdos de traspatio sacrificados en mataderos municipales de Guatemala.

3 Planteamiento del problema

La EQ o hidatidosis es considerada un serio problema de salud pública y un problema económico a nivel mundial (Thompson, 2008). Esta infección parasitaria zoonótica es de amplia distribución geográfica y las áreas altamente endémicas se encuentran en Australia, China, Medio Oriente, Asia Central y del Oeste, el norte y este de África y Suramérica (Cardona & Carmena, 2013). Los análisis epidemiológicos moleculares basados en genes del ADN mitocondrial (ADNmt) (*Cox1*, *NAD1* y *ATP6*) han revelado que *E. granulosus* s.l. agrupa a especies y/o genotipos incluyendo *E. granulosus* s.s. (genotipos del G1-G3), *E. equinus* (G4), *E. ortleppi* (G5) y *E. canadensis* (G6–G10) (Nakao et al., 2007; Moks et al., 2008; Knapp et al., 2011). Sin embargo, la situación taxonómica de *E. canadensis* ha sido controvertida y se ha sugerido que sea dividida en dos especies *E. canadensis* (genotipos G8 al G10), de cérvidos y *E. intermedius* (G6/G7) de camello/cerdo (Thompson, 2008; Saarma et al., 2009). El análisis molecular de las especies y genotipos de *E. granulosus* s.l. es sumamente importante, ya que la variación genética tiene influencia en las características biológicas, patrones de los ciclos de vida, especificidad de los hospedadores, patogenicidad, dinámica de transmisión, tratamiento y medidas de control y epidemiología (Thompson & McManus, 2001).

El genotipo G1 de *E. granulosus* s.s. es responsable de la mayor casuística a nivel mundial de la EQ. Las infecciones por este genotipo están ampliamente distribuidas y en algunas áreas de alta prevalencia, este genotipo parece ser el único causante de enfermedad en los humanos. Sin embargo, para muchas especies y genotipos de *Echinococcus*, aún no se cuenta con suficiente información sobre su distribución geográfica, frecuencia en humanos y animales, rango de especificidad en hospedadores y patología (Alvarez et al., 2014). En número de casos e importancia en la salud pública, le siguen al genotipo G1, los genotipos G6/G7 de *E. canadensis*. En algunas regiones geográficas particulares estos genotipos parecen ser los de mayor importancia y causantes de la EQ en humanos, como en Austria y Yugoslavia (Schneider et al., 2010). Debido a que la taxonomía de *Echinococcus* continúa siendo un tema de debate, la genotipificación es clave para confirmar el diagnóstico y para recolectar datos sobre los patrones de transmisión del parásito y la susceptibilidad de los humanos a ciertos genotipos (Alvarez et al., 2014).

Si bien la taxonomía a nivel mundial es controversial, en Guatemala tan solo existe un solo estudio sobre *Echinococcus* spp. Sin embargo, este reporte dejó clara la presencia del parásito en el país. El estudio realizado fue la tesis del Dr. Francisco Aguilar, publicada en 1944, quien reportó y describió morfológicamente por primera vez *Echinococcus granulosus* en el país. Desde entonces no se ha realizado ningún otro estudio sobre la epidemiología, caracterización morfológica y molecular del

parásito. Por ende, no se conocen las especies ni genotipos que circulan en Guatemala. Esto no quiere decir que los casos en animales ocurran esporádicamente, en el año 2019 en el rastro municipal de Quetzaltenango, se realizó un estudio piloto y de 90 hígados de cerdos examinados, 33 resultaron positivos a quistes de *Echinococcus* spp. (R. Hernández Chea, comunicación personal, octubre 2019). Estos resultados demuestran un alto porcentaje de infección y que el ciclo de vida se encuentra activo en el altiplano de Guatemala, sin embargo, no se conocen sus implicaciones en la salud pública, potencial zoonótico y posible patogenicidad. Aunado a esto, el Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA, 2020), reportó en el periodo 2011-2020, un total de 56 casos humanos de EQ. Sin embargo, no existen reportes de casos con la confirmación morfológica y/o molecular de *Echinococcus* spp. en pacientes humanos.

Ante los vacíos presentados, se propuso estudiar la morfología y genética molecular de *Echinococcus* spp. en cerdos de traspatio sacrificados en mataderos/rastros municipales. Así mismo, otras especies de cestodos que se localizan en las vísceras de los cerdos, como *T. hydatigena*; la cual es causante de decomisos de hígados al igual que *Echinococcus* spp.

4 Delimitación en tiempo y espacio

6.1 Delimitación en tiempo

El estudio se realizó en el periodo febrero a julio 2022. La recolección de las muestras biológicas, así como la inspección veterinaria (búsqueda y extracción de quistes parasitarios en vísceras de cerdos) y caracterización morfológica de los quistes se realizaron en el periodo de abril a septiembre 2022.

6.2 Delimitación espacial

Los metacestodos se obtuvieron del rastro municipal de Quetzaltenango. De cada uno de los cerdos examinados se obtuvo el origen geográfico. Se pretendía realizar el estudio también en los rastros de Zacapa y Chiquimula. Sin embargo, no se realizaron giras de trabajo para la obtención de muestras y datos de estos rastros, debido a que la administración del CUNZAC, no proporcionó los recursos e insumos necesarios para poder cumplir con lo establecido en la propuesta de investigación inicial.

Marco teórico

6.1 *Echinococcus granulosus*, epidemiología

Geográficamente distintos linajes de *E. granulosus* existen con diferentes afinidades en los hospedadores. Los estudios moleculares del ADNmt han identificado 10 genotipos (Thompson & McManus, 2002; McManus 2003), los cuales son: G1-G2, linajes de ovejas; G3-G5, linaje de bóvidos; G4, linaje del equino; G6, linaje del camello; G7, linaje del cerdo y G8, linaje de cérvidos. El G9 ha sido descrito en cerdos en Polonia y el G10 en renos en Eurasia. El G1 es el más cosmopolita y el que está asociado principalmente a las infecciones en humanos (Thompson & McManus, 2002; McManus 2003). La presencia de distintos linajes de *E. granulosus* tiene importantes implicaciones en la salud pública. El tiempo de maduración más corto de los parásitos adultos en el intestino de perros, sugiere que el periodo de intervalo para administrar el antiparasitario en perros infectados, deberá ser acortado en aquellas áreas donde ocurren los

genotipos G2, G5 y G6 (Rosenzvit et al., 1999). Algunas actividades humanas facilitan la transmisión hacia los pequeños rumiantes, como alimentar a los perros con vísceras de animales sacrificados (Moro et al., 2008). Los huevos de *Echinococcus* pasan a través de las heces fecales de los perros, y los humanos pueden infectarse a través del contacto oral-fecal, particularmente cuando existe un cercano contacto entre perros y niños; ya que los huevos se adhieren alrededor del pelo del ano, y pueden adherirse también en las patas y en el hocico de los perros. La transmisión indirecta de huevos ya sea por agua contaminada, por alimentos poco cocidos o través de artrópodos como moscas, también puede ser una fuente de contaminación para el humano. La prevalencia más alta de EQ en animales y humanos se encuentra en zonas atemperadas como Sur América, el litoral mediterráneo, Asia central, China, Australia y África (Moro et al., 2006; Yang et al., 2006). *Echinococcus granulosus* ha sido re-emergente en áreas donde una vez se pensaba estaba contralado; en Bulgaria la incidencia de EQ en niños incrementó de 0.7 a 5.4 por cada 100, 000 entre el periodo de 1970 a 1990, luego de un colapso y desinterés en continuar con los programas de control. En Gales, la prevalencia de perros con *E. granulosus* se duplicó entre 1993 (3.4%) y 2002 (8.1), luego de cambios en la política de la educación en salud, con respecto a la administración de praziquantel en perros (Romig et al., 2006).

6.2 Ciclo de vida de *E. granulosus*

Echinococcus granulosus es una tenia pequeña (de 2 a 7 mm de largo), en su ciclo de vida, los perros y otros cánidos son los hospedadores definitivos, mientras que los ungulados (ovejas, cabras, cerdos, caballos, etc.) son los hospedadores intermediarios. Estos últimos albergan los quistes hidatídicos o metacestodos que contienen las arenillas hidatígenas o protoscólices, las cuales son las larvas infectivas. El adulto de *E. granulosus* que reside en el intestino delgado de los perros; contiene proglótides grávidos y libera los huevos que pasan a través de las heces fecales, una vez en el ambiente son inmediatamente infectantes y son altamente resistente a las condiciones ambientales y puede sobrevivir por varios meses o incluso hasta por un año, dependiendo de las condiciones ambientales (15). Por lo tanto, los huevos son la fuente de infección para los hospedadores intermediarios ungulados a través de su ingestión por agua y alimentos contaminados. Así mismo, los humanos también pueden infectarse a través de la ingestión accidental de los huevos (16,17). Luego de su ingestión por un hospedador definitivo, los huevos se anclan en el intestino delgado y liberan las oncósferas armadas con seis ganchos, que penetran la pared intestinal y migran a través del sistema circulatorio a varios órganos, principalmente al hígado y los pulmones, en estos órganos se desarrollarán los quistes hidatídicos con una pared gruesa que crecerán gradualmente, y producirán los protoscólices cinco meses post-ingestión (18). Cuando los hospedadores definitivos se alimentan de los órganos infectados de los ungulados, posteriormente, los protoscólices evaginan y se anclan en la mucosa intestinal y se desarrollarán en la fase adulta 32 a 80 post-ingestión, y cada tenia adulta será capaz de producir miles de huevos al día, completándose así el ciclo biológico (15). Los humanos son hospedadores aberrantes intermediarios y se infectan accidentalmente por la ingestión de huevos. Cuando los quistes están presentes en el hígado y se rompen, los protoscólices son liberados y pueden originar quistes secundarios en otras partes del cuerpo (EQ secundaria) (19).

6.3 Morfología de los quistes parasitarios, protoscólices y ganchos

Echinococcus granulosus es un cestodo cuyo ciclo de vida involucra caninos como hospedadores definitivos, y ungulados silvestres y domésticos como hospedadores intermediarios. El metacestodo es un quiste lleno de líquido, unilocular que contiene una capa interna germinal de células, seguida de una capa laminar acelular; de variado grosor (Thompson, 1995). Cada quiste está rodeado de una capa adventicia y granulomatosa, producida por el hospedador. Dentro del líquido del quiste se pueden apreciar las cápsulas germinativas que derivan de la capa germinal y producen por división asexual múltiples protoscólices. En los humanos, el crecimiento de este quiste es lento, sin embargo, puede contener hasta varios litros en volumen y contener miles de protoscólices (Thompson, 1995). Diferentes métodos basados en la morfología, fisiología, bioquímica y técnicas moleculares han sido utilizados para realizar la diferenciación de los linajes de *E. granulosus* (Eckert et al., 2001). En los análisis morfológicos, los linajes de *E. granulosus* pueden ser identificados por la forma, tamaño y número de ganchos presentes en los rostelos de los protoscólices. Los caracteres de los ganchos en los estados larvales permanecen prácticamente sin cambios cuando los parásitos se desarrollan en diferentes hospedadores. Las medidas de los caracteres de los ganchos en el estado adulto pueden utilizarse como una herramienta útil para determinar la vía de transmisión de *E. granulosus* (Constantine et al., 1993).

Las diferencias en la morfología de los ganchos rostelares pueden proporcionar el medio más rápido y fiable para diferenciar los linajes domésticos y selváticos de *E. granulosus*. Los caracteres rostelares que se han utilizado son el número y la disposición de los ganchos, la longitud total y la longitud de la hoja de los ganchos grandes y pequeños de los gusanos adultos y protoscólices (Kumaratilake & Thompson, 1984).

6.4 Genotipos de *E. granulosus*

Varios métodos moleculares han sido utilizados para estudiar la variabilidad genética de *Echinococcus* spp. Las investigaciones han incluido análisis con ADN nuclear con los genes: espaciador transcrito interno 1 (ITS1), Antígeno B/1, Actina III, microsatélite MS U1 snRNA (Bowles and McManus, 1993b; Bart et al., 2004). Y con genes del ADNmt: citocromo oxidasa 1 (*Cox1*), nicotinamida deshidrogenasa 1 (NADH 1), región 12S, ATPasa subunidad 6 (*atp6*) y el genoma mitocondrial completo (Bowles and McManus, 1993a; Zhang et al., 1998a; Nakao et al., 2007). Las investigaciones realizadas por Josephine Bowles (1992a) utilizando *Cox1* y NADH1 formaron las bases que sustentan el conocimiento en el área molecular y genotipos de *E. granulosus*. Inicialmente, Bowles et al. (1992a) describieron siete genotipos o “linajes” basados en las diferencias encontradas en una región de 366 pares de bases (bp) de *Cox1* en 49 muestras de diferentes hospedadores y diferentes áreas geográficas. Estos fueron designados como genotipos del G1 – 7, subsecuentemente, se caracterizaron los mismos genotipos utilizando la región parcial NADH1. Otros autores identificaron genotipos adicionales como G8, G9 y G10 (Scott et al., 1997; Lavikainen et al., 2003). En la actualidad se ha acumulado una gran cantidad de datos, incluyendo el genoma mitocondrial completo. Algunos genotipos de *E. granulosus* incluso han sido elevados a nivel de especie, mientras que otros únicamente son considerados variantes, y su validez como verdadero “genotipo” ha quedado en duda. A pesar del conocimiento que se ha generado sobre la taxonomía y diversidad de *E. granulosus*, muchos aspectos cruciales

están sin resolver. Estos aspectos son biológicos, médicos y económicos sobre esta diversidad; sobre varias especies y genotipos aún no se cuenta con suficiente información sobre el esparcimiento geográfico, frecuencia relativa en hospedadores animales y el humano, especificidad de hospedadores y patología (Nakao et al., 2013).

6.5 *Echinococcus canadensis*

Actualmente, existe duda sobre el origen monofilético de *E. canadensis*. Si los genotipos de *E. canadensis* no son monofiléticos, claramente no pueden pertenecer a una única especie evolutiva, pero si se acepta la filogenia del ADNmt como una verdadera reconstrucción de la historia evolutiva, entonces si se aceptaría como una única especie. Nakao et al. (2007) propusieron la unificación de los genotipos G6, G7, G8 y G10 dentro de la especie *E. canadensis*. Mientras que Lymbery et al., (2015) sugirieron que existen tres linajes evolutivos dentro de este grupo; G6/G7 como una especie, G10 como una segunda y G8 como una tercera. Ambas propuestas son consistentes con un patrón filogenético de análisis de secuencias de datos del ADNmt. Por otro lado, existen diferencias morfológicas entre los protoscólices y gusanos adultos para delimitar el género *Echinococcus*; genotipos G6, G7, G8 y G10, al parecer también existe la posibilidad sobre la falta de intercambio ecológico, que se refiere al intercambio de especies de hospedadores intermediarios que podrían utilizar estos genotipos (Lymbery et al., 2015). Actualmente, es muy difícil poder afirmar si *E. canadensis*, representa una sola especie que agrupa genotipos o bien si son un conglomerado de especies. Los genotipos G6, G7 y G10 son ampliamente alopátricos, por lo que el intercambio genético no puede ser evaluado y los argumentos de estado de “especie” se basan en un criterio genético o en similitudes y diferencias en los ciclos de vida y la morfología, siendo criterios subjetivos. Lymbery et al. (2015), sugieren que un estudio integrativo utilizando técnicas moleculares, datos morfológicos y ecológicos juntos podrán proveer la objetividad para la clasificación de “especies” o genotipos. Desafortunadamente, se sabe muy poco acerca de la heredabilidad de las características morfológicas y ecológicas de *Echinococcus* spp. La mejor manera de resolver este asunto puede ser utilizando datos genotípicos multi-locus en un enfoque coalescente para la delimitación de especies.

6.6 Diagnóstico, prevención y control de la EQ

El diagnóstico de la EQ se basa en la identificación de estructuras quísticas por imágenes médicas, principalmente, ultrasonografía, tomografía computarizada, rayos X y la confirmación por la detección de anticuerpos séricos por exámenes inmunodiagnósticos (Craig, 1997). Para la práctica clínica debería resaltarse que el inmuno-ensayo ligado a enzimas inmunoabsorbentes (ELISA), que utiliza el fluido quístico crudo, posee una alta sensibilidad (más de 95%), sin embargo, la especificidad suele ser insatisfactoria. Si se utilizan otras técnicas con antígenos purificados como el immunoblot y la detección de inmunoglobulina G4 e inmunoelectroforesis, la especificidad mejora, pero la sensibilidad disminuye. Además, debe recordarse que aproximadamente del 10 al 20% de los pacientes con quistes hepáticos y cerca del 40% de los quistes pulmonares, no producen anticuerpos séricos detectables (IgG), por lo tanto, ocurren casos falsos negativos (Ammann & Eckert, 1996).

La ultrasonografía con punción con aguja fina se ha utilizado en años recientes en casos sospechosos de EQ, en ausencia de anticuerpos anti-EQ, en pacientes con lesiones pequeñas similares a quistes hepáticos y en pacientes con lesiones que no pueden diferenciarse de abscesos, neoplasias u otras condiciones. El líquido quístico puede ser examinado para la búsqueda de protoescolices, ganchos rostellares y antígenos de *Echinococcus* spp. o ADN (Siles et al., 2001). Para prevenir la EQ secundaria al momento de hacer la punción, se recomienda administrar albendazol cuatro días previos al procedimiento. La quimioterapia debe continuar por lo menos un mes después de la punción, cuando la lesión ha sido diagnosticada como quiste por *E. granulosus*, inmediatamente después de la remoción quirúrgica (Pawlowski et al., 2001). Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó un consenso sobre la clasificación de las ultrasonografías de quistes hepáticos (WHO/OIE, 2001). Además, la ultrasonografía portátil es utilizada para estudios de campo. Esta técnica es bien aceptada por las poblaciones y explora las áreas abdominales, identifica tipos de quistes y se puede realizar a relativo bajo costo (Pawlowski et al., 2001). El diagnóstico diferencial de otras lesiones ocupantes de espacio (tumores, abscesos, etc.) puede ser realmente un reto, por lo que se requieren de otras técnicas diagnósticas. Una desventaja de la ultrasonografía, es que no se puede realizar cuando los quistes se encuentran en otros sitios como los pulmones y el cerebro. Varios estudios comparativos de campo han demostrado que la ultrasonografía es más precisa en la detección de quistes abdominales, en comparación con el uso del inmunodiagnóstico, ya que este último muestra tasas altas de falsos negativos y falsos positivos (Del Carpio et al., 2000; Rogan & Craig, 2002). El tratamiento incluye procedimientos quirúrgicos, punción-aspiración e inyección re-aspiración (PAIR, por sus siglas en inglés) y quimioterapia.

Los programas de control y prevención requieren la interrupción del ciclo de *Echinococcus* spp. actuando sobre la cadena epidemiológica. Por lo tanto, es necesario seguir lo siguiente: desparasitación continua de todos los perros, vacunación de ovejas, creación de infraestructura para el sacrificio en zonas urbanas y explotaciones ganaderas y manejo y control de las poblaciones caninas. El praziquantel es el antihelmíntico de elección para desparasitación sistemática en perros, utilizado a una dosis de 5 mg/kg en una sola dosis. En algunos países, la droga es distribuida en las comunidades por el personal de salud de gobierno, en los cuales existen programas de control de la EQ. Cuando es administrado cada 30 a 45 días al 100% de la población de perros, previene el esparcimiento de proglótides maduros, los cuales pueden causar reinfección en los rumiantes. Si se mantiene la desparasitación hasta la renovación total de la población rumiante desde el inicio del programa, la transmisión en humanos puede detenerse por completo. Sin embargo, esta estrategia requiere mucho tiempo y una infraestructura y logística de campo. Por lo tanto, la frecuencia de desparasitaciones en perros, deberá ser ajustada localmente de acuerdo a evaluaciones de las reinfecciones. Al realizarse las desparasitaciones sistematizadas, se minimiza el riesgo de infección para los humanos (Craig et al., 2007). Otro método de control utilizado en los animales, específicamente en los hospedadores intermediarios, es la vacunación utilizando la vacuna recombinante EG95. La eficacia de la vacunación puede ser obstaculizada por factores no relacionados con la vacuna en sí. La vacunación en ovinos requiere una adecuada infraestructura y debe completarse dentro de un período de tiempo corto. Aunque la vacunación requiere menos intervenciones en comparación con el tratamiento para perros (2 dosis de vacuna frente a 8 ciclos de tratamiento cada 45 días en perros), implica un mayor número de animales para trabajar y

mayores costos (administración y logística). Únicamente la aplicación de un programa de vacunación tardará muchos años en mostrar algunos resultados y no asegura la eliminación de la transmisión. Una combinación programas de desparasitación canina y vacunación en ruminantes puede resultar en una estrategia adecuada (Heath et al., 2003).

Además, todo establecimiento en el que se sacrifiquen animales para el consumo familiar, especialmente en las grandes explotaciones ganaderas, debe disponer de una sala de sacrificio que evite acceso de perros y un foso con tapa u otro sistema para la destrucción de vísceras. Se pueden construir perreras para mantener encerrados a los perros mientras no están trabajando. Los avances en la infraestructura urbana de matanza también son particularmente importantes, para evitar la ingestión de vísceras de ruminantes posiblemente infectados por los perros locales (Larrieu, 2017).

5 Estado del arte

A pesar del debate sobre si la EQ podría ser causada por una o varias especies, una parte sustancial de los agentes etiológicos a los cuales se les atribuye carga de enfermedad, son sinónimos de *E. granulosus*, principalmente debido a la incertidumbre sobre el grado de variabilidad de los caracteres de diagnóstico morfológico utilizados por Rausch y Nelson, 1963. Estos autores consideraron válidas solo dos especies adicionales, *E. multilocularis* y *E. oligarthra* (Alvarez et al., 2014). El término “linaje (“strain” en inglés)” se ha utilizado para referirse a las variantes intraespecíficas de algunos estados taxonómicos inciertos, incluidos taxones inválidos (Thompson, 1986; Thompson and Lymbery, 1988). Los linajes inicialmente descritos se clasificaron de acuerdo a su morfología y distribución geográfica. Posteriormente, los estudios de genética molecular, basados principalmente en la secuenciación parcial del ADNmt, aclararon el grado de variación de los “linajes”, lo que condujo a una nueva nomenclatura de denominación hacia "genotipo" de variantes intraespecíficas dentro de *E. granulosus*, las cuales son las siguientes: G1 (linaje de oveja); G2 (linaje de oveja de Tazmania); G3 (linaje de búfalo); G4 (linaje de caballo); G5 (linaje bovina); G6 (linaje de camello); G7 (linaje de cerdo); G8 (linaje del ciervo americano); y G10 (linaje de cérvidos europeos/escandinavos) (Bowles et al., 1992, 1994; Bowles y McManus, 1993). Debido a la complejidad sobre la distribución geográfica, ecología, genética y morfología de los genotipos de *E. granulosus*, los estudios integrales son imprescindibles para determinar no únicamente la presencia de este parásito en animales domésticos y el humano, también para dilucidar aspectos sobre el ciclo biológico, intercambio ecológico (presente o ausente) y patogenicidad. Por lo tanto, este tipo de estudios son fundamentales en zonas en donde el parásito está presente, pero aún no ha sido descrito o únicamente ha sido descrito parcialmente (por morfología y ecología).

El único antecedente que existe en Guatemala sobre la equinocosis en los animales domésticos, es la tesis del Dr. Francisco Aguilar, publicada en 1944. En este estudio realizado en el periodo comprendido de 1936 a 1942; se examinaron 284, 772 cerdos sacrificados en mataderos y la prevalencia se estimó en 1.71% (4,869). Mientras que en el periodo de 1946 a 1948, se estimó que, por cada 30,000 cerdos sacrificados, 7 presentaban quistes hidatídicos, en el rastro de ganado mayor y menor en Guatemala. En este estudio se comprobó por primera vez la presencia de *Echinococcus* spp. en Guatemala y su ciclo biológico relacionado al cerdo como hospedador intermediario y al perro como hospedador definitivo. Por otro lado, el Sistema de Información

Gerencial en Salud (SIGSA, 2020), del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), ha reportado a través de sus bases de datos casos de equinococosis humana. Estos distribuidos en los siguientes departamentos: Totonicapán 3, Zacapa 3, Sololá 1, Santa Rosa 4, San Marcos 3, Sacatepéquez, Quiché 9, Quetzaltenango 2, Jutiapa 1, Huehuetenango 6, Guatemala 9, Escuintla 2, El Progreso 4, Petén 4, Baja Verapaz 3, Alta Verapaz 2, Total 56, durante el periodo 2011-2020.

Y recientemente, los hallazgos de quistes de *Echinococcus* spp. en hígados de cerdos de traspatio, en el rastro municipal de Quetzaltenango (R. Hernández Chea, comunicación personal, octubre 2019), indican que el ciclo biológico de este cestodo se presenta y se mantiene activo en áreas rurales del altiplano guatemalteco, según el origen geográfico de los cerdos sacrificados en este rastro municipal. Por lo tanto, se propuso un estudio integral morfológico y molecular para determinar la especie de *Echinococcus* presente en el país, además, determinar el genotipo circulante en los cerdos sacrificados en tres mataderos municipales del país. La identificación del o los genotipos es fundamental para conocer los aspectos biológicos, ecológicos y epidemiológicos de *Echinococcus* spp.

6 Objetivos

General: Estimar la prevalencia y caracterizar la morfología y genética molecular de cestodos, presentes en cerdos de traspatio sacrificados en tres mataderos de Guatemala.

Específicos:

- Caracterizar morfológicamente los quistes de origen parasitario (cestodos), extraídos de órganos de los cerdos sacrificados
- Determinar la proporción de quistes estériles y fértiles de *Echinococcus* spp.
- Caracterizar morfológicamente los protoescólices de *Echinococcus* spp. extraídos de quistes de los órganos de los cerdos
- Determinar las especies de cestodos (a partir de muestras de metacestodos extraídas de órganos de cerdos) mediante análisis moleculares y filogenéticos.
- Determinar el genotipo de *Echinococcus* spp. en los cerdos examinados.
- Estimar la prevalencia de *Echinococcus* spp. y *Taenia* spp. en los cerdos sacrificados entre rastros municipales de Guatemala.
- Determinar la asociación entre las variables sexo, edad y origen del cerdo y la presencia de cestodos
- Estimar los costos anuales en pérdidas por decomiso de vísceras con quistes de *Echinococcus* spp. en los tres rastros municipales.

7 Materiales y métodos

9.1 Enfoque de la investigación

Enfoque de la investigación: cuantitativo, se recolectaron datos numéricos para estimar el porcentaje de infección de *Echinococcus* sp. Se pretendía realizar un análisis estadístico para determinar factores de asociación con respecto a EQ en cerdos, sin embargo, no se cumplió con este objetivo por falta de recursos. Tampoco se realizó la identificación de especies de cestodos a través de un análisis molecular.

9.2 Método

Área de estudio y entorno: se realizó un estudio transversal en el periodo febrero – julio 2022 (recolección y análisis de muestras), en el rastro municipal de Quetzaltenango. Previo a realizar el estudio, se envió una copia del proyecto y una carta de permiso, dirigida al administrador y al médico veterinario municipal. Posterior a la aceptación y aprobación por parte de los administradores, el equipo de investigación de médicos veterinarios presentó a los trabajadores y operarios una descripción resumida del proyecto, así como las actividades que conllevaría la realización de la investigación dentro de las instalaciones.

Animales utilizados para el estudio: las muestras se obtuvieron de cerdos de traspatio sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango. Para cada uno de los animales en los que se realizó inspección veterinaria, se obtuvo el origen geográfico, a través de una entrevista dirigida al propietario de los animales. Se examinaron las vísceras de los cerdos de traspatio, para identificar quistes/metacestodos. Para el desarrollo de este proyecto, los investigadores no manipularon a los animales sacrificados y no se realizaron prácticas veterinarias en el animal in vivo. Únicamente fueron examinadas sus vísceras para la extracción de quistes parasitarios.

9.3 Recolección de la información

Criterios de inclusión y exclusión: se incluyeron en el estudio los cerdos de traspatio machos y hembras mayores a tres meses, de cualquier origen geográfico y cualquier peso, en los meses de mayo y junio (con los recursos limitados solo se pudo realizar la toma de muestras en estos dos meses). Además, se incluyeron los cerdos sacrificados cuyos propietarios reportaron que fueron criados en granjas, y resultaron positivos a metacestodos en las vísceras. Para cada cerdo examinado previamente al sacrificio se recolectaron los siguientes datos: sexo, origen geográfico (departamento, municipio y aldea, si es factible) y tipo de crianza (traspatio u otro tipo de explotación). Post-mortem se recolectaron los siguientes datos: localización anatómica del o los quistes, número de quistes presentes por órgano afectado, clasificación del quiste (viable, calcificado, quiste sospechoso a *Echinococcus* spp., quiste sospechoso a *Taenia* spp.), largo y ancho de los quistes, presencia de protoescolices (fertilidad) y ausencia de protoescolices (estéril).

Tamaño de la muestra: Considerando una prevalencia esperada del 30% de hidatidosis en cerdos de traspatio, de acuerdo al estudio piloto realizado por R. Hernández Chea et al. (Comunicación personal, octubre 2019) en el rastro municipal de Quetzaltenango, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5.00%, en una población desconocida; el número mínimo de animales requeridos fue de 110 animales. Una vez recolectadas las

muestras extraídas de las vísceras de los cerdos, se etiquetaron (número de gira, número de cerdo, sexo del cerdo y fecha) y almacenaron en bolsas de cierre hermético, en una hielera a una temperatura de 4°C. Posteriormente, fueron observadas a través de microscopía de luz para determinar la morfología del metacestodo, en el laboratorio de la facultad de ciencias médicas y de la salud, universidad Mariano Gálvez de Guatemala.

9.4 Técnicas e instrumentos

Aislamiento de los quistes parasitarios y caracterización morfológica: luego del examen post-mortem se realizó una inspección visual y por palpación, para localizar quistes parasitarios sugerentes a metacestodos de *Echinococcus* spp. o *Taenia* spp. Los quistes se removieron con un equipo de disección, se medieron en largo y ancho utilizando un calibrador vernier. La fertilidad se determinó a través de la visualización de protoescólices en el fluido quístico, por observación microscópica. Los quistes sin protoescólices se clasificaron como estériles y de acuerdo a su apariencia también se clasificaron como caseosos, calcificados y/o purulentos (quistes no viables, degenerados). Además, se contó el número de quistes parasitarios encontrados por órgano infectado.

9.5 Porcentaje de infección: se estimó dividiendo el total de la población de animales examinados con el número de animales positivos a quistes de *Echinococcus* spp. y *Taenia* spp., y se estimaron los intervalos de confianza.

10 Resultados y discusión

10.1 Resultados

Fueron examinados 67 cerdos, sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango, durante cuatro giras de trabajo en los meses de mayo y junio 2022. De los cuales, el 100% de los cerdos examinados fueron cerdos de traspatio. Veintinueve, resultaron positivos a metacestodos de *Echinococcus* spp.; el porcentaje de infección fue de 43.28%. Dos cerdos fueron positivos a metacestodos de *Taenia hydatigena* (de acuerdo a las características morfológicas de los ganchos rostelares), y el porcentaje de infección de *T. hydatigena* fue de 3%, además, estos cerdos presentaron coinfección con *Echinococcus* sp. De los 67 cerdos de traspatio examinados, 38 (56.72%) fueron machos y 29 (43.28%) fueron hembras. Los cerdos machos infectados representaron el 42.1%(16), mientras que las hembras el 44.82% (13). De los 29 cerdos infectados se extrajeron 731 metacestodos de *Echinococcus* sp., y dos de *T. hydatigena*. De los 29 cerdos infectados se recolectaron un total de 168 metacestodos de *Echinococcus* sp., de los cuales 42 (25%) resultaron fértiles. En el cerdo No. 22 de la gira cuatro se recolectaron 563 metacestodos, el cual se encontraba masivamente infectado y el número de quistes fue contabilizado con ayuda de un contador manual. El total de metacestodos fértiles encontrados en el cerdo 22 fue de 141 (22%).

El número de metacestodos fértiles y estériles, así como su localización anatómica según el órgano examinado, se describe en el cuadro 1. Los metacestodos de *Echinococcus* sp., clasificados como estériles también fueron clasificados de acuerdo a su estado como caseoso, purulento y calcificado, estos resultados se pueden apreciar en el cuadro 2. El rango del número de metacestodos de *Echinococcus* sp., fue de 1 hasta 563 en un solo hígado. El número de cerdos con coinfección de *Echinococcus* sp. y *T. hydatigena* fue de 2 (3%). En el cuadro 3 se reporta el número de metacestodos de *T. hydatigena* de acuerdo a su localización anatómica. En el cuadro 4 se observa el número de cerdos infectados por *Echinococcus* sp., de acuerdo a la localidad geográfica.

Cuadro 1

Número y porcentaje de metacestodos de Echinococcus sp., fértiles y estériles según su localización en los órganos de los cerdos.

Número de metacestodos encontrados en hígados		Número de metacestodos encontrados en pulmones		Total de metacestodos
Fértiles	Estériles	Fértiles	Estériles	
183 (25%)	547 (75%)	0	1 (100%)	731

Cuadro 2

Número de metacestodos estériles de Echinococcus sp., de acuerdo con su estado

Número de metacestodos caseosos	Número de metacestodos calcificados	Total de metacestodos estériles por su estado
15	1	16

Cuadro 3

Número de metacestodos T. hydatigena de acuerdo a localización según el órgano infectado

Número de metacestodos de <i>T. hydatigena</i> en hígados	Número de metacestodos de <i>T. hydatigena</i> en pulmones	Total de metacestodos de <i>T. hydatigena</i>
2	0	2

Cuadro 4

Cerdos infectados con Echinococcus sp. y T. hydatigena, sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango según su localidad geográfica de origen

Localidad	Número de cerdos infectados con <i>Echinococcus</i> sp.	Número de cerdos infectados con <i>T. hydatigena</i>	Cerdos con coinfección de ambas cestodiasis
Quetzaltenango, Quetzaltenango	24	2	2
Olintepeque, Quetzaltenango	3	0	0
San Francisco la Unión, Quetzaltenango	1	0	0
Huehuetenango	1	0	0
Total	29	2	2

10.2 Discusión de resultados

Este es el segundo estudio de *Echinococcus* spp. en Guatemala. El primer estudio reportado en el país fue la tesis para obtener el grado de médico y cirujano del Dr. Francisco J. Aguilar, a quien se le considera uno de los fundadores de la parasitología moderna en Guatemala. En ese estudio Aguilar (1944), reportó una prevalencia del 1.71% (4,870/284,772) en cerdos sacrificados en un matadero de la ciudad de Guatemala. Nuestros hallazgos, son muy diferentes a los encontrados por Aguilar (1944), debido a que nosotros reportamos un porcentaje de infección del 43.28% (29/67) en cerdos de traspatio sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango. Sin embargo, Aguilar (1944), no discriminó entre los cerdos de acuerdo a su crianza (cerdos de traspatio y granjas) para realizar el estudio. Cabe mencionar que, en aquella época, el matadero de estudio operaba como un centro de acopio y recibía cerdos de diferentes regiones geográficas. En el caso de nuestro estudio, decidimos enfocarnos en examinar los cerdos de traspatio, debido a que en un estudio piloto previo se examinaron cerdos de crianza de granja, y ninguno fue positivo a quistes de *Echinococcus* spp. (R. Hernández Chea, comunicación personal, octubre 2019). Así mismo, el médico veterinario municipal, quien realiza los decomisos de las vísceras, recomendó obtener las muestras de los cerdos de traspatio, debido que no se decomisan las vísceras en los cerdos de crianza de granja, por la ausencia de metacestodos. Como se ha reportado en algunos estudios, la crianza de traspatio y el sacrificio domiciliario de cerdos, explican

la alta prevalencia de *Echinococcus* spp. específicamente en los cerdos ambulantes y/o de traspatio (Seimenis, 2003). Por otro lado, el estudio de Aguilar (1944) incluyó una muestra de 4,870 cerdos faenados en un solo matadero, mientras que, a pesar de nuestro limitado tamaño de la muestra de cerdos de traspatio en el rastro de Quetzaltenango, se pudo obtener un alto porcentaje de cerdos infectados con *Echinococcus* sp. Esto demuestra que existen localidades endémicas a este parásito en el departamento de Quetzaltenango, y amerita el estudio de dichas localidades para entender cuáles son los factores que favorecen la EQ.

El porcentaje de infección de *T. hydatigena* fue bajo (3%, 2/67), sin embargo, este hallazgo es de suma importancia, ya que es la primera vez que se reporta este cestodo en el país. Por otro lado, su presencia también tiene una implicación en la salud pública, a pesar de no ser causante de una zoonosis. Cuando se han realizado estudios epidemiológicos utilizando las pruebas inmunodiagnósticas para la detección de anticuerpos/antígenos *Taenia solium* en los cerdos, se obtienen resultados falsos positivos. Esto ocurre debido a las reacciones cruzadas de las pruebas tanto en la detección de antígenos como anticuerpos (Devleeschauwer et al., 2013; Chaisiri et al., 2019). Por lo tanto, es imprescindible que cuando se utilicen pruebas inmunodiagnósticas en porcinos, en las áreas endémicas de *T. solium* y *Echinococcus* spp., se descarte la presencia de *T. hydatigena*, ya que ha demostrado estas reacciones cruzadas, aún en las pruebas diagnósticas de referencia internacional, como la electroinmunotransferencia ligada a enzimas glicoproteínas lentil-lecitina (Gómez-Puerta et al., 2019). Siendo Guatemala un país endémico de *T. solium*, y con el presente estudio, demostrando un porcentaje de infección muy alto de *Echinococcus* sp. en el altiplano guatemalteco, se debe profundizar sobre el estudio de la presencia de *T. hydatigena*, utilizando las técnicas morfológicas y moleculares para su distinción

La proporción de quistes fértiles ha sido estudiada en las especies y genotipos de *Echinococcus* spp., en los cerdos. Se han reportado prevalencias muy bajas (0.6%) (Sotiraki et al., 2003) y otras muy altas (70%) (Craig, 2004), dependiendo de la región y condiciones que favorecen la presencia del ciclo biológico de *Echinococcus* spp. En este estudio el porcentaje de metacestodos fértiles sobre el total de metacestodos encontrados fue de 25%, este porcentaje es similar a otros estudios realizados (Turčeková et al., 2009), este alto porcentaje de fertilidad puede ser explicado debido a que, la mayoría de cerdos examinados eran de edad adulta y los cerdos de mayor edad son más propensos a adquirir la infección parasitaria, debido a la disminución de la inmunidad por envejecimiento, que permite que los quistes desarrollen los protoescólices (Turčeková et al., 2009). Las limitaciones de este estudio, no permitieron determinar el genotipo o los genotipos de *Echinococcus* en los cerdos de traspatio del rastro de Quetzaltenango. Sin embargo, los cerdos son los principales hospedadores intermediarios de *E. canadensis* (G7). La capacidad de adaptación de *E. canadensis* (G7), hacia a otros hospedadores ha sido estudiada previamente, y se han reportado también otros ungulados como bovinos, cabras y ovejas han sido reportados como hospedadores intermediarios de *E. canadensis* (G7) (Varcasia et al., 2007; Schneider et al., 2010; Beato et al., 2013; Alvarez Rojas et al., 2014). Los quistes hidatídicos pueden ser encontrados en diferentes órganos, particularmente en hígado y pulmones de los hospedadores intermediarios. En este estudio fue evidente, que el órgano más infectado fue el hígado, ya que un único quiste fue encontrado en un pulmón (Cuadro 1). Otros estudios han reportado como el órgano principal de infección a los pulmones (Casulli et al. 2008; Balbinotti et al. 2012), sin embargo, el tropismo por ciertos órganos ocurre debido a las características fisiológicas de ciertos órganos diana, ya que proveen condiciones que favorecen el desarrollo de las especies de *Echinococcus*, así mismo, las infecciones en órganos diana se relacionan con el genotipo de *Echinococcus* (Balbinotti et al.,

2012).

La mayoría de cerdos de traspatio que resultaron positivos a metacestodos de *Echinococcus* spp., fueron reportados como originarios del departamento de Quetzaltenango, con excepción de un cerdo proveniente de Huehuetenango. Debido a la escasa información sobre la presencia y distribución de *Echinococcus* en el país, es importante realizar estudios en los mataderos donde se registren decomisos por presencia de vesículas en las vísceras. La importancia de este estudio radica en que, se demostró que el ciclo de *Echinococcus* spp., se desarrolla en áreas geográficas del altiplano guatemalteco. El hecho de encontrar un porcentaje de infección alto en los cerdos de traspatio, conlleva a realizar varios cuestionamientos ¿Cuál genotipo (especie) de *Echinococcus* es el circulante entre perros y cerdos? ¿Qué factores ambientales y socioeconómicos están asociados a la presencia de *Echinococcus* spp. en Guatemala? ¿Tendrá este genotipo presente en los cerdos potencial zoonótico? Uno de los objetivos de este estudio, era precisamente, determinar el o los genotipos presentes en los cerdos de traspatio. Sin embargo, debido a la falta de insumos para poder realizar los análisis moleculares en el laboratorio y posteriormente, los análisis de bioinformática, lamentablemente no se pudo cumplir con este objetivo. Ante el alto porcentaje de infección de metacestodos de *Echinococcus*, así mismo, su alto porcentaje de fertilidad, es sumamente importante determinar cuál es el genotipo circulante. En varios países endémicos donde ocurre *Echinococcus* en los cerdos, se ha determinado principalmente como causante a *E. canadensis*. Esta especie tiene gran relevancia en la salud pública, debido a que después de *E. granulosus* sensu stricto, es considerado el agente etiológico de la equinococosis humana más importante a nivel mundial (Rojas et al., 2014). Se ha demostrado que esta especie, posee amplia distribución geográfica y parasita al humano en Suramérica, África y Asia (Simsek et al., 2011). El Sistema de Información Gerencial de Salud (SIGSA, 2022) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, posee datos reportados de infección en humanos por *Echinococcus* sp. Sin embargo, hasta la fecha no se encuentra el reporte de un caso diagnosticado en el país, que incluya la caracterización clínica y tipo de diagnóstico.

El ciclo biológico de *Echinococcus* sp., cuya presencia se evidenció en este estudio, involucra al perro (*Canis familiaris*) como hospedador definitivo, y al cerdo (*Sus scrofa domestica*) como hospedador intermediario. Se debe determinar si en el altiplano guatemalteco existen poblaciones humanas con EQ y, además, cuál o cuáles son las especies y/o genotipo(s) que circula(n) entre los hospedadores mencionados. El estudio no pretendía realizar únicamente un estudio de reporte de presencia de *Echinococcus* (ver limitaciones del estudio, numeral 14), sin embargo, es la primera vez que se reporta *Echinococcus* sp. y *T. hydatigena* en cerdos en el departamento de Quetzaltenango. Además de haber encontrado un porcentaje de fertilidad alto en los metacestodos de *Echinococcus* sp., también se encontraron infecciones masivas en varios de los cerdos examinados, estos hallazgos comprueban que, en algunas localidades del altiplano guatemalteco, *Echinococcus* sp. es endémico. Debido al riesgo potencial de infecciones zoonóticas con *Echinococcus* sp., se deben realizar esfuerzos para responder los vacíos ecológicos y epidemiológicos en nuestro país.

Por lo tanto, en las áreas del altiplano en las que se evidencie un alto porcentaje de infección en los cerdos de traspatio, se recomienda realizar exámenes copro-parasitológicos en los perros, para la detección de huevos tipo *Taenia* y su identificación genética para determinar la especie. Si estas comunidades resultaran con prevalencias altas de *Echinococcus* spp. en los hospedadores (definitivos/intermediarios), esto justificaría realizar un estudio epidemiológico en poblaciones humanas, siempre y cuando se obtengan los datos del o de los genotipos/especies, y además, existan reportes por imágenes médicas y estudios patológicos sobre masas/cuerpos extraños en hígado y/o otros órganos en los servicios de salud (Gong et al., 2021).

Es conocido que existe una subestimación de la prevalencia y morbilidad del genotipo G7, como agente parasitario infeccioso en las poblaciones humanas (Pawlowski & Stefaniak, 2003). Una de las razones por las cuales este genotipo puede estar subestimado es probablemente, a la falta de sintomatología que pequeño tamaño en un alto porcentaje de los pacientes humanos infectados, y pueden ser asintomáticos por décadas o bien por toda la vida (Eckert & Deplazes, 2004). Otra causa de la subestimación de este genotipo, puede radicar en el reducido número de muestras analizadas a través del diagnóstico molecular, además, se debe considerar que las infecciones de cerdos con otros genotipos pueden ser frecuente, y se puede asumir que esto corresponden a los otros genotipos y no específicamente al G7 (Obwaller et al., 2004).

Por otro lado, independientemente del genotipo identificado, se deben de tomar en cuenta cinco medidas clave para la reducción de la transmisión de *Echinococcus* a nivel global. Estas son las siguientes: prevenir el acceso de perros hacia los despojos de animales que son hospedadores de *Echinococcus*, desparasitar adecuadamente a los perros ambulantes, realizar la inspección veterinaria de las carcasas faenadas de los animales para consumo, implementar estrategias de educación para mejorar la higiene y contacto con los perros, y proporcionar praziquantel dosificado y periódicamente, de acuerdo a los exámenes coproparasitológicos, a los perros de compañía y de trabajo (Larrieu, 2006). Estas medidas no han sido implementadas en Guatemala, sin embargo, debido a los hallazgos reportados en este estudio, una vez se identifiquen las localidades endémicas del altiplano, es de suma urgencia poder implementarlas. Estas medidas deberán implementarse de forma inter-instruccional, a través del Ministerio de Agricultura y Asistencia Social, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, municipalidades y Ministerio de Educación. La estrategia deberá involucrar a los actores sociales de las comunidades en riesgo, como líderes COCODES, líderes religiosos y lideresas.

11 Conclusiones

Se encontró un alto porcentaje de infección de *Echinococcus* spp. en los cerdos de traspatio sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango. Este sistema de crianza favorece la transmisión de *Echinococcus* spp. en un ciclo donde participa el perro doméstico como hospedador definitivo y el cerdo como hospedador intermediario. Así mismo, se encontró un alto porcentaje de fertilidad en los metacestodos de *Echinococcus* spp., este hallazgo puede estar relacionado con la edad de los cerdos sacrificados en el rastro de Quetzaltenango. En los mismos cerdos de traspatio examinados para la búsqueda de *Echinococcus* spp., se encontró un bajo porcentaje de *T. hydatigena*, sin embargo, este hallazgo es importante, ya que es la primera vez que se reporta este cestodo en cerdos de traspatio en el país, y tiene, además, importancia debido a las reacciones cruzadas con otros cestodos, por ejemplo, en las pruebas diagnósticas inmunológicas utilizadas para la cisticercosis porcina por *T. solium*. Las localidades de origen de los cerdos de traspatio, en su mayoría fueron reportadas de Quetzaltenango, sin embargo, se encontró un cerdo infectado originario del departamento de Huehuetenango; este hallazgo podría indicar la presencia de *Echinococcus* spp. ampliamente distribuido en el altiplano guatemalteco.

12 Referencias

- Aguilar, F. J. (1948). Echinococcosis en Guatemala. [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Recuperado de <http://bibliomed.usac.edu.gt/tesis/pre/1944/001.pdf>
- Alvarez Rojas, C. A., Romig, T. & Lightowers, M. W. (2014). *Echinococcus granulosus* sensu lato genotypes infecting humans – review of current knowledge. *International Journal for Parasitology*, 44(1), 9–18.
- Ammann, R. W. & J. Eckert. (1996). Cestodes: *Echinococcus*. *Gastroenterology Clinics of North America*, 25, 655–689.
- Balbinotti, H., Santos, G.B., Badaraco, J., Arend, A.C., Graichen, D.A.S., Haag, K.L., Zaha, A., 2012. *Echinococcus ortleppi* (G5) and *Echinococcus granulosus* sensu stricto (G1) loads in cattle from Southern Brazil. *Vet. Parasitol.* 188, 255–260.
- Bart, J. M., Morariu, S., Knapp, J., Ilie, M. S., Pitulescu, M., Anghel, A., Cosoroaba, I. & Piarroux, R. (2006). Genetic typing of *Echinococcus granulosus* in Romania. *Parasitology Research*, 98, 130–137.
- Beato, S., Parreira, R., Roque, C., Gonc, alves, M., Silva, L., Maurelli, M.P., Cringoli, G., Grácio, M.A., 2013. *Echinococcus granulosus* in Portugal: the first report of the G7 genotype in cattle. *Vet. Parasitol.* 198, 235–239.
- Bowles, J., Blair, D. & McManus, D. P. (1992). Genetic variants within the genus *Echinococcus* identified by mitochondrial DNA sequencing. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 54, 165–173.
- Brunetti, E., Garcia, HH., Junghanss , T. (2011). Cystic echinococcosis: chronic, complex, and still neglected. *PLoS Negl Trop Dis* 5:e1146. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0001146>.31.
- Cardona, G.A. & Carmena, D. A. (2013). Review of the global prevalence, molecular epidemiology and economics of cystic echinococcosis in production animals. *Veterinary Parasitology*, 192(1- 3), 10-32.
- Casulli, A., Manfredi, M.T., La Rosa, G., Cerbo, A.R., Genchi, C., Pozio, E. (2008). *Echinococcus ortleppi* and *E. granulosus* G1, G2 and G3 genotypes in Italian bovines. *Vet Parasitol*, 155(1-2):168-72.
- Chaisiri K, Kusolsuk T, Homsuwan N, Sanguankiat S, Dekumyoy P, Peunpipoom G, Khiriphattharaphon S, Sako Y, Yanagida T, Okamoto M, Ito A. Co-occurrence of swine cysticercosis due to *Taenia solium* and *Taenia hydatigena* in ethnic minority villages at the Thai-Myanmar border. *J Helminthol.* 2019 Nov;93(6):681- 689. doi: 10.1017/S0022149X18000731. Epub 2018 Aug 28. PMID: 30149813.
- Constantine, C. C., Thompson, R. C. A., Jenkins, D. J., Hobbs, R. P. & Lymbery, A. J. (1993). Morphological characterization of adult *Echinococcus granulosus* as a means of determining transmission patterns. *Journal of Parasitology*, 79, 57-61.
- Craig PS. (2004). Epidemiology of echinococcosis in Western China. In: Torgerson P, Shaikenov B, editors. *Echinococcosis in central Asia: problems and solutions*. Almaty, Daur: INTAS Network Project 01-

- 0505; 2004. pp. 43–58.
- Craig, P. S. (1997). Immunodiagnosis of *Echinococcus granulosus* and a comparison of techniques for diagnosis of canine echinococcosis, p. 85– 118. In F. L. Andersen, H. Ouhelli, and M. Kachani (ed.), Compendium on cystic echinococcosis in Africa and Middle Eastern Countries with Special Reference to Morocco. Brigham Young University Print Services, Provo, Utah.
- Craig, P.S., McManus, D.P., Lightowers, M.W., Chabalgoity, J.A., Garcia H. H., Gavidia, C. M., Gilman, R. H., Gonzalez, A. E., Lorca, M., Naquira, C., Nieto, A. & Schantz, P. M. (2007). Prevention and control of cystic echinococcosis. *Lancet Infectious Diseases*, 7(6), 94-385.
- Del Carpio, M., S., Moguilansy, M. T., Costa, M., Lezcano, H., Panomarenko, C., Bianchi, S., Bendersky, M., Lazcano, B., Frider. & E. Larrieu. (2000). Diagnosis of human hydatidosis: predictive values of a rural ultrasonographic survey in an apparently healthy population. *Medicina* (Buenos Aires), 60, 466–468.
- Devleeschauwer, Brecht; Aryal, Arjun; Tharmalingam, Jayaraman; Joshi, Durga Datt; Rijal, Suman; Speybroeck, Niko; Gabriël, Sarah; Victor, Bjorn; Dorny, Pierre (2013). Complexities in using sentinel pigs to study *Taenia solium* transmission dynamics under field conditions. *Veterinary Parasitology*, 193(1-3), 172–178. doi:10.1016/j.vetpar.2012.12.010
- Eckert, J., Deplazes, P., 2004 . Biological, epidemiological, and clinical aspects of echinococcosis, a zoonosis of increasing concern . *Clin Microbiol Rev* 17: 107 – 135.
- Eckert, J., Gemmell, M. A., Meslin, F. X. & Pawlowski, Z. S. (2001). WHO/OIE Manual on Echinococcosis in Humans and Animals: A Public Health Problem of Global Concern. *World Organisation of Animal Health*, Paris, France.
- Gong, QL., Ge, GY., Wang Q., Tran, T., Liu, F., Diao, NC,. (2021).Et al. Meta analysis of the prevalence of *Echinococcus* in dogs in China. *Plos Negl. Trop* doi: <https://doi.org/10.1186/s40249-022-00933-9>
- Gomez-Puerta, L., Vargas-Calla, A., Castillo, Y., Lopez-Urbina, M. T., Dorny, P., Garcia, H. H., Gonzalez, A. E., O'Neal, S. E., & Cysticercosis Working Group in Peru (2019). Evaluation of cross-reactivity to *Taenia hydatigena* and *Echinococcus granulosus* in the enzyme-linked immunoelectrotransfer blot assay for the diagnosis of porcine cysticercosis. *Parasites & vectors*, 12(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3279-5>
- D. P. (2006). Community surveys and risk factor analysis of human alveolar and cystic echinococcosis in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Bulletin World Health Organization*, 84(9), 21-714. doi: 10.2471/blt.05.025718.
- Haukisalmi, V., Lavikainen, A., Laaksonen, S., & Meri, S. (2011). *Taenia arctos* n. spp. (Cestoda: Cyclophyllidea: Taeniidae) from its definitive (brown bear *Ursus arctos* Linnaeus) and intermediate (moose/elk *Alces* spp.) hosts. *Systematic parasitology*, 80(3), 217-230.
- Heath, D. D., Jensen, O. & Lightowers, M. W. (2003). Progress in control of hydatidosis using vaccination – a review of formulation and delivery of the vaccine and recommendations for practical use in control programmes. *Acta Tropica*, 85(2), 43-133.

- Huttner, M., Nakao, M., Wassermann, T., Siefert, L., Boomker, J.D., Dinkel. (2008) Genetic characterization and phylogenetic position of *Echinococcus felidis* (Cestoda: Taeniidae) from the African lion. *Int J Parasitol*, 38: 861-8.
- Knapp, J., Nakao, M., Yanagida, T., Okamoto, M., Saarma, U., Lavikainen, A. & Ito, A. (2011). Phylogenetic relationships within *Echinococcus* and *Taenia* tapeworms (Cestoda: Taeniidae): an inference from nuclear protein-coding genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 61(3), 38-628. doi: 10.1016/j.ympev.2011.07.022.
- Kumaratilake, L.M. & Thompson, R. C. A. (1984). Morphological characterization of Australian strains of *Echinococcus granulosus*. *International Journal of Parasitology*, 14, 467-477.
- Larrieu, E., Costa, M.T., Cantoni, G., Labanchi, J.L., Bigatti, R., Pérez, A., Araya, D., Mancini, S., Herrero, E., Talmon, G., Romeo, S., & Thakur, A. (2006). Control program of hydatid disease in the province of Río Negro Argentina.: 1980-1997. *Boletín chileno de parasitología*, 55(3-4), 49-53. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-94022000000300003>
- Larrieu, E. (2017). Prevention and control of hydatidosis at local level: South American initiative for the control and surveillance of cystic Echinococcosis/Hydatidosis. *PANAFTOSA Tech Manual*, 18-56.
- Lavikainen, A., Lehtinen, M.J., Meri, T., Hirvela-Koski, V. & Meri, S. (2003). Molecular genetic characterization of the Fennoscandian cervid strain, a new genotypic group (G10) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, 127, 207–215.
- Lymbery, A.J., Jenkins, E.J., Schurer, J.M. & Thompson, R. C. (2015). *Echinococcus canadensis*, *E borealis*, and *E intermedius*. What's in a name? *Trends in Parasitology*, 31, 23–29.
- McManus, D.P. & Thompson, R. C. (2003). Molecular epidemiology of cystic echinococcosis. *Parasitology*, 127, S37—51.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (15 de diciembre de 2020). *Base de datos de echinococcosis en la República de Guatemala*. Sistema de Información Gerencial de Salud del MSPAS. Recuperado de <https://sigsa.mspas.gob.gt/>
- Moks, E., Jõgisalu, I., Valdmann, H. & Saarma, U. (2008). First report of *Echinococcus granulosus* G8 in Eurasia and a reappraisal of the phylogenetic relationships of ‘genotypes’ G5–G10. *Parasitology*, 135(5), 54-647.
- Moro, P. L. & Schantz P. M. (2006). Echinococcosis: historical landmarks and progress in research and control. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 100, 14—703.
- Moro, P. L., Cavero, C. A., Tambini, M., Briceño, Y., Jiménez R. & Cabrera, L. (2008). Identification of risk factors for cystic echinococcosis in a periurban population of Peru. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 102, 8—75.
- Nakao, M., McManus, D. P., Schantz, P. M., Craig, P. S. & Ito, A. (2007). A molecular phylogeny of the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, 134, 713–722.
- Nakao, M., McManus, D.P., Schantz, P.M., Craig, P.S. & Ito, A. (2007). A molecular phylogeny of

- the genus *Echinococcus* inferred from complete mitochondrial genomes. *Parasitology*, 134(Pt 5), 22-713.
- Nakao, M., Yanagida, T., Konyaev, S., Lavikainen, A., Odnokurtsev, V. A., Zaikov, V.A. & Ito, A. (2013). Mitochondrial phylogeny of the genus *Echinococcus* (Cestoda: Taeniidae) with emphasis on relationships among *Echinococcus* *Canadensis* genotypes. *Parasitology*, 1–12.
- Obwaller, A., Schneider, R., Walochnik, J., Gollackner, B., Deutz, A., Janitschke, K., Aspöck, H., Auer, H., 2004. *Echinococcus granulosus* strain differentiation based on sequence heterogeneity in mitochondrial genes of cytochrome c oxidase-1 and NADH dehydrogenase-1. *Parasitology* 128: 569 – 575.
- Pawlowski, Z. S., J. Eckert, D. A., Vuitton, R. W., Ammann, P., Kern, P. S., Craig, F. K., Dar, F., De Rosa, C., Filice, B., Gottstein, F. Grimm, C. N. L., Macpherson, N., Sato, T., Todorov, J., Uchino, W., von Sinner. & H. Wen. 2001. Echinococcosis in humans: clinical aspects, diagnosis and treatment, p. 20–66. In J. Eckert, M. A. Gemmell, F.-X. Meslin, and Z. S. Pawlowski (ed.), WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organisation for Animal Health, Paris, France.
- Pawlowski, Z., Stefaniak, J., 2003. The pig strain of *Echinococcus granulosus* in humans: a neglected issue? *Trends Parasitol* 19:439.
- Rojas, C.A.A., Romig, T., Lightowlers, M.W. *Echinococcus granulosus* sensu lato genotypes infecting humans—review of current knowledge. *Int J Parasitol*. 2014; 44:9–18.
- Romig, T., Dinkel, A. & Mackenstedt, U. (2006). The present situation of echinococcosis in Europe. *Parasitology International*, 55, S187—91.
- Rosenzvit, M. C., Zhang, L. H., Kamenetzky, L., Canova, S.G., Guarnera, E.A. & McManus, D. P. (1999). Genetic variation and epidemiology of *Echinococcus granulosus* in Argentina. *Parasitology*, 118, 30—523.
- Saarma, U., Jõgisalu, I., Moks, E., Varcasia, A., Lavikainen, A., Oksanen, A., Simsek, S., Andresiuk, V., Denegri, G., González, L. M., Ferrer, E., Gárate, T., Rinaldi, L. & Maravilla, P. (2009). A novel phylogeny for the genus *Echinococcus*, based on nuclear data, challenges relationships based on mitochondrial evidence. *Parasitology*, 136(3), 28-317. doi: 10.1017/S0031182008005453.
- Schneider, R., Gollackner, B., Schindl, M., Tucek, G. & Auer, H. (2010). *Echinococcus canadensis* G7 (Pig Strain): An Underestimated Cause of Cystic Echinococcosis in Austria. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 82(5), 871–874. doi:10.4269/ajtmh.2010.09-0639
- Scott, J. C., Stefaniak, J., Pawlowski, Z. S. & McManus, D. P. (1997). Molecular genetic analysis of human cystic hydatid cases from Poland: identification of a new genotypic group (G9) of *Echinococcus granulosus*. *Parasitology*, 114(Pt 1), 37–43.
- Schneider, R., Gollackner, B., Schindl, M., Tucek, G., Auer, H., 2010. *Echinococcus canadensis* G7 (pig strain): an underestimated cause of cystic echinococcosis in Austria. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 82, 871–874.

- Seimenis, A. (2003). Overview of the epidemiological situation on echinococcosis in the Mediterranean region. *Acta Trop.* 85, 191–195.
- Siles-Lucas, M. M., & B. Gottstein. (2001). Molecular tools for the diagnosis of cystic and alveolar echinococcosis. *Tropical Medicine & International Health*, 6, 463– 475.
- Simsek S, Kaplan M, Ozercan IH. A comprehensive molecular survey of *Echinococcus granulosus* in formalin-fixed paraffin-embedded tissues in human isolates in Turkey. *Parasitol Res.* 2011; 109:411–6.
- Sotiraki S, Himonas C, Korkoliakou P. Hydatidosis-echinococcosis in Greece. *Acta Trop* 2003; 85: 197-201.
- Sydler T., Mathis A., Deplazes P. Echinococcus multilocularis lesions in the livers of pigs kept outdoors in Switzerland. *Eur. J. Vet. Pathol.* 1998;4:43–46.
- Thompson, R. C. & McManus, D. P. (2002). Towards a taxonomic revision of the genus *Echinococcus*. *Trends in Parasitology*, 18, 7—452.
- Thompson, R. C. (1995). Biology and systematics of *Echinococcus*. In: Thompson RC, Lymbery AJ, editors. *Echinococcus* and hydatid disease. *CAB International*, 1—37
- Thompson, R. C. A. & McManus, D.P. (2001). Aetiology: parasites and life-cycles. In: Eckert J, Gemmell M, Meslin F-X, Pawlowski Z, eds. WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. *World Organisation for Animal Health*, 1–19.
- Thompson, R.C. (2008). The taxonomy, phylogeny and transmission of *Echinococcus*. *Experimental Parasitology*, 119(4), 439-46.
- Turčeková, L., Šnábel, V., Dudiňák, V., Gašpar, V., P. Dubinský (2009). Prevalence of cystic echinococcosis in pigs from Slovakia, with evaluation of size, fertility and number of hydatid cysts. 46(3), 151–158. doi:10.2478/s11687-009-0029-4
- Varcasia, A., Canu, S., Kogkos, A., Pipia, A.P., Scala, A., Gari, G., Seimenis, A., 2007. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus* in sheep and goats of Peloponnesus, Greece. *Parasitol. Res.* 101, 1135–1139.
- Wassermann, M., Aschenborn, O., Aschenborn, J., Mackenstedt, U. & Romig, T. (2014). A sylvatic lifecycle of *Echinococcus equinus* in the Etosha National Park, Namibia. *International journal for parasitology. Parasites and wildlife*, 4(1), 97–103.
- World Health Organization Office International des Epizooties (2001). WHO/OIE manual on echinococcosis in humans and animals: a public health problem of global concern. World Organization for Animal Health, Paris, France.
- Yang, Y. R., Sun, T., Li, Z., Zhang, J., Teng, J., Liu, X., Liu, R., Zhao, R., Jones, M.K., Wang, Y., Wen, H., Feng, X., Zhao, Q., Zhao, Y., Shi, D., Bartholomot, B., Vuitton, D. A., Pleydell, Giraudoux, P., Ito, A., Danson, M.F., Boufana, B., Craig, P.S., Williams, G.M. & McManus, DP. Community surveys and risk factor analysis of human alveolar and cystic echinococcosis in Ningxia Hui Autonomous Region, China. *Bull World Health Organ.* 2006; 84:714–721.

12 Apéndice

Figura 1

Protoescólex de Echinococcus sp., extráido de un metacestodo encontrado en un hígado de cerdo

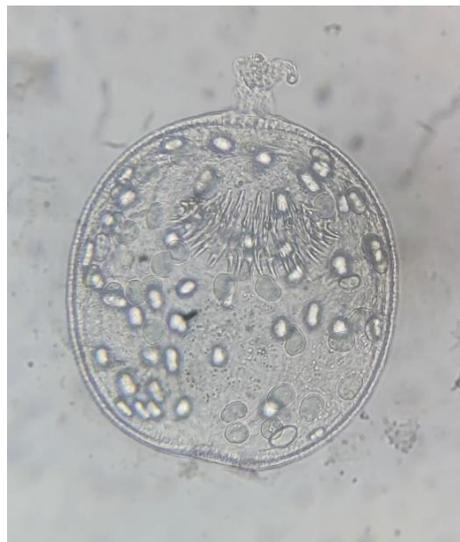


Figura 2

Rostelo de Taenia hydatigena, ganchos rostelares grandes y pequeños

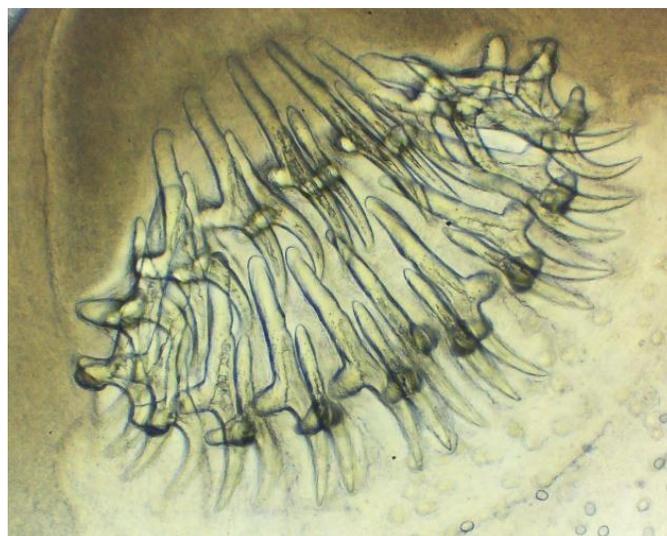


Figura 3

Carta de solicitud de permiso para realizar el estudio, dirigida al administrador del rastro municipal de Quetzaltenango, marzo 2022.

Guatemala 28 de marzo de 2022

Licenciado Carlos Girón
Administrador
Rastro Municipal de Quetzaltenango

Estimado Lic. Girón:

Reciba un atento y cordial saludo. Por este medio solicito su valioso apoyo y colaboración para que, a través de sus buenos oficios y gestión, se realice el proyecto de investigación de la Dirección de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, "Prevalencia, caracterización morfológica y molecular de *Echinococcus* spp. y *Taenia* spp. en cerdos de traspatio, sacrificados en tres rastros municipales de Guatemala" para que se lleve a cabo en el rastro municipal de Quetzaltenango. El objetivo de este proyecto es determinar la presencia del parásito *Echinococcus* en los hígados de los cerdos de crianza de patio. Este estudio es de gran importancia para la salud pública y como coordinador del proyecto estaré muy agradecido por su colaboración para llevar a cabo el estudio en el establecimiento que usted dirige.

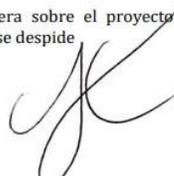
Para realizar este proyecto, los estudiantes de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala (UMG), participarían en la recolección de muestras biológicas dentro del rastro municipal de Quetzaltenango. El proyecto se pretende realizar en el periodo mayo – agosto del presente año. La recolección de muestras biológicas implica realizar una inspección veterinaria de vísceras para la extracción de las mismas. Proceso que estaría supervisado por mi persona y el MSc. Alejandro Hun Martínez, coordinador de la carrera de medicina veterinaria de la UMG, quien es colaborador del proyecto de investigación.

Estaremos muy agradecidos por su apoyo para que podamos ingresar al establecimiento y realizar el proyecto en mención.

Para cualquier consulta e información que requiera sobre el proyecto de investigación, quedamos en atenta disposición. Sin otro particular se despide



MSc. Roderick Hernández Chea
Coordinador del proyecto DIGI-USAC
Colegiado 1450
roderik123animal@gmail.com
Teléfono 42982106



MSc. Alejandro José Hun Martínez
Coordinador carrera Medicina Veterinaria UMG
Colegiado 1187
ahun@umg.edu.gt
teléfono 55537583

Figura 4

Foto del grupo de trabajo y reunión con el administrador del rastro municipal de Quetzaltenango, para discutir avances del proyecto.



13 Aspectos éticos: este estudio no implicó la manipulación de los animales por parte de los investigadores. Fueron examinados los cerdos sacrificados en el rastro municipal de Quetzaltenango, luego de la inspección postmortem, realizada por el médico veterinario municipal. Por lo anterior, y por tratarse de animales de producción que fueron sacrificados para consumo humano, previo a la inspección veterinaria municipal, este estudio no fue sometido a un comité de bioética.

14 Limitaciones del estudio: los objetivos de este proyecto de investigación no pudieron cumplirse, debido a que la unidad avaladora no realizó las compras de insumos necesarios para su ejecución. Esta situación implicó la realización de las actividades con fondos propios. Además, los pagos de salarios de los investigadores fueron realizados meses después del tiempo de finalización del proyecto. Por lo anterior, los resultados y discusión son limitados y el porcentaje de cumplimiento es bajo. El coordinador del proyecto utilizó sus recursos para ejecutar parcialmente el proyecto.

- 15 Agradecimientos:** en la realización y ejecución de este proyecto se agradece el apoyo de la Dra. Marion Wassermann, Instituto de biología, departamento de parasitología, Universidad de Hohenheim, Stuttgart Alemania, por su colaboración y participación en la revisión de la propuesta inicial de investigación. Así mismo, por compartir documentos de apoyo para la identificación morfológica de los cestodos. Se agradece la participación del MSc. Alejandro José Hun, Ilde Elifas Silva, Yoel Aragón y a los estudiantes de la carrera de medicina veterinaria de la Universidad Mariano Gálvez del tercer semestre, periodo enero-junio 2022.
- 16 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual:** los resultados de este estudio, se dieron a conocer al personal administrativo y operativo del rastro municipal de Quetzaltenango, durante la última gira de trabajo (ver figura 4). Sin embargo, debido a que se seguirán realizando giras de trabajo con recursos propios, no se ha presentado un informe final por escrito.
- 17 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:** el estudio de las enfermedades tropicales desatendidas debe ser prioritario principalmente, en regiones y poblaciones de alta vulnerabilidad. La presencia de estas enfermedades, son un claro indicador de la falta de acceso a la salud, falta de higiene y condiciones de pobreza. Por lo tanto, el estudio de cualquier enfermedad tropical es congruente con los objetivos ODS- de Naciones Unidas en los temas de fin de la pobreza, salud y bienestar. Esta propuesta de investigación proporcionó conocimiento sobre la EQ, una enfermedad cuyos factores de riesgo están asociados a la falta de higiene y es más prevalente en las regiones pobres del mundo. En Guatemala a pesar de estar presente *Echinococcus* spp., existen vacíos de toda índole para comprender esta infección parasitaria. Por lo tanto, los resultados de la propuesta aportaron y sirvieron como indicadores de la falta de higiene por manejo de desechos (heces fecales), alta población de perros en áreas rurales (ciclo biológico) y falta de implementación de programas de desparasitación.

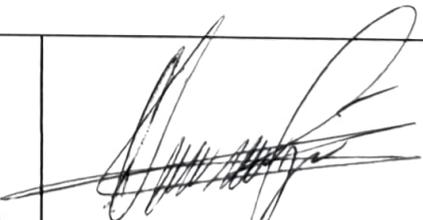
18 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

MSc. Roderico Hernández Chea	
Nombre del coordinador del proyecto de investigación	Firma
Fecha: 22/05/2023	

19 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. Dr. Manuel Barrios	
Coordinador del Instituto de Investigación CUNZAC	Firma
Fecha: 22/05/2023	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

20 Visado de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. Dra. Hilda Valencia de Abril Coordinadora del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 22/05/2023</p>	

<p>Vo.Bo. Ing. Agr. Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 22/05/2023</p>	

Ing. Marco Julio Rufino Salazar Pérez
Coordinador General de Programas de Investigación, Digi-Usac