

Informe final

**Epidemiología de la cisticercosis porcina en el caserío Azacualpa, municipio de Gualán,  
Zacapa, Guatemala.**

Equipo de investigación

**Coordinador del proyecto:** M.Sc. Roderico David Hernández Chea  
**Auxiliar de investigación II:** Amanda Paola Morales Ramírez  
**Auxiliar de investigación I:** Roberto Antonio Mateo Delgado

Guatemala, febrero 2020

**Unidad avaladora:**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC

**Otras instituciones participantes:**

Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM, México  
Instituto de Investigaciones Centro Universitario de Zacapa, USAC

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera  
Director General de Investigación

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

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

M.Sc. Roderico David Hernández Chea  
Coordinador del proyecto

Amanda Paola Morales Ramírez  
Auxiliar de investigación II

Roberto Antonio Mateo Delgado  
Auxiliar de investigación I

Otros colaboradores

PhD. Manuel Alejandro Barrios Izas

M.V. David Alejandro Baiza Molina

M.Sc. Alejandro José Hun Martínez

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, febrero de 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 4.8.63.1.87., durante el año 2019 en el Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud.

Financiamiento aprobado por Digi: **149,994.80** Financiamiento ejecutado: **111, 114.66**

## Índice

<b>1.</b>	<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>7</b>
<b>5.</b>	<b>Preguntas de investigación.....</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>Delimitación en tiempo y espacio.....</b>	<b>8</b>
<b>7.</b>	<b>Marco teórico .....</b>	<b>8</b>
<b>8.</b>	<b>Estado del arte.....</b>	<b>14</b>
<b>9.</b>	<b>Objetivo general.....</b>	<b>15</b>
<b>10.</b>	<b>Objetivo específico.....</b>	<b>15</b>
<b>11.</b>	<b>Materiales y métodos.....</b>	<b>15</b>
<b>12.</b>	<b>Vinculación, difusión y divulgación.....</b>	<b>22</b>
<b>13.</b>	<b>Productos, hallazgos o resultados.....</b>	<b>22</b>
<b>14.</b>	<b>Análisis y discusión de resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>15.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>31</b>
<b>16.</b>	<b>Impacto esperado.....</b>	<b>31</b>
<b>17.</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>32</b>

### Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa sobre la distribución de domicilios con cerdos positivos y negativos al ELISA para la detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina.....	<b>25</b>
<b>Figura 2.</b> Mapa sobre la distribución de domicilios con los cestodos extraídos de necropsias de cerdos positivos al ELISA para la detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina.....	<b>25</b>
<b>Figura 3.</b> Ganchos de <i>Taenia</i> sp. encontrados en un quistes extraídos de hígado y pulmón de cerdo.....	<b>26</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cerdos positivos a cisticercosis porcina por medio de palpación lingual y ensayo ELISA para detección de anticuerpos contra <i>T. solium</i> .....	<b>23</b>
<b>Tabla 2.</b> Hallazgos de las necropsias y carga parasitaria de <i>T. solium</i> y <i>Taenia</i> sp....	<b>24</b>
<b>Tabla 3.</b> Resultados de análisis estadístico obtenidos del modelo bivariado de las variables de interés en relación con los cerdos de traspatio positivos a la prueba ELISA.....	<b>27</b>

## Epidemiología de la cisticercosis porcina en el caserío Azacualpa, municipio de Gualán, Zacapa, Guatemala.

### 1. Resumen

Guatemala se considera un país endémico del complejo teniasis/cisticercosis. A pesar de que el complejo no ha sido estudiado desde hace más de 20 años, se han presentado casos de teniasis y cisticercosis en todos los departamentos del país, con mayor reporte en los últimos cinco años en los departamentos de Zacapa, Quetzaltenango, Chiquimula, Huehuetenango y Petén. Según los datos del Ministerio de Salud, en el año 2019 se registraron 986 casos de teniasis y 39 casos de cisticercosis a nivel nacional. Considerando esta situación durante el año 2019 se realizó un estudio transversal con el objetivo de determinar la prevalencia de la cisticercosis porcina en cerdos de traspatio del caserío Azacualpa, municipio de Gualán en Zacapa, Guatemala. Además, se realizó un cuestionario a los pobladores de la comunidad, con preguntas que contenían variables de interés (sexo, edad, alimentación, confinamiento, propósito y palpación lingual) para determinar los factores de riesgo asociados a la

**Programa interdisciplinario en salud**

cisticercosis porcina. Se examinaron 98 cerdos de traspatio, de los cuales cuatro resultaron positivos a la palpación lingual y ocho fueron sospechosos a quistes linguales sugerentes a cisticercosis. Trece cerdos resultaron positivos a serología a través del método de ELISA y nueve cerdos seropositivos fueron confirmados con presencia de metacestodos *T. solium* por necropsia; la prevalencia fue de 13.26% tomando en cuenta los resultados de la serología. Ninguna variable de interés resultó asociada en el modelo bivariado, a excepción de los resultados de palpación lingual con respecto a los cerdos seropositivos ( $P=0.051$ ) y se observó un conglomerado de domicilios con cerdos positivos distribuidos en el caserío. En este estudio se demostró una alta prevalencia de la cisticercosis porcina, lo que indica que en esta comunidad ocurre un ciclo activo de *T. solium* y por lo tanto se considera un área endémica; que debe ser atendida por la autoridades sanitarias para la prevención y control de esta parasitosis.

**Palabras clave:** cisticercosis porcina, Guatemala, enfermedad desatendida, zoonosis

## 2. Abstract and keywords

Guatemala is considered an endemic country of the teniasis / cysticercosis complex. Although the complex has not been studied for more than 20 years, cases of taeniasis and cysticercosis have been reported in all departments of the country, with the major report in the last five years in the departments of Zacapa, Quetzaltenango, Chiquimula, Huehuetenango and Petén. According to data from the Ministry of Health, during the year 2019; 986 cases of taeniasis and 39 cases of cysticercosis were reported in the country. Considering this situation during the year 2019, a cross-sectional study was carried out with the objective of determining the prevalence of swine cysticercosis in backyard/free roaming pigs of el caserío Azacualpa, municipio of Gualán in Zacapa, Guatemala. In addition, a questionnaire was made to the residents of the community, with questions that contained variables of interest (sex, age, diet, confinement, purpose, and tongue palpation) to determine the risk factors associated with swine cysticercosis. Ninety eight pigs were examined, of which four were positive for lingual palpation and eight were suspected of lingual cysts suggesting cysticercosis. Thirteen pigs were positive for serology through the ELISA and nine seropositive pigs were confirmed with the presence of *T. solium* metacestodes by necropsy; the prevalence was 13.26% taking into account the results of serology. No variable of interest was associated in the bivariate model, with the exception of the results of lingual palpation regarding the percentage of seropositive pigs ( $P = 0.051$ ). A cluster of households with positive pigs to ELISA were observed in a specific area. In this study a high prevalence of swine cysticercosis was determined, indicating that an active cycle of *T. solium* occurs in this rural community and therefore is considered as an endemic area; which must be attended by the health authorities for the prevention and control of this parasitosis.

**Keywords:** porcine cysticercosis, Guatemala, neglected disease, zoonosis

## 3. Introducción

La teniasis es una infección zoonótica parasitaria causada por *Taenia solium*, mientras que la cisticercosis es una enfermedad parasitaria, causada por el estado larval de *T. solium*; la

**Programa interdisciplinario en salud**

cual es causante de serios problemas para la salud pública y grandes pérdidas económicas en áreas endémicas de Asia, África y Latinoamérica (García et al., 2000). El ciclo biológico de *T. solium* involucra a los humanos como hospedadores definitivos y a los cerdos como hospedadores intermediarios. El humano adquiere la teniasis por consumo de carne de cerdo cruda o insuficientemente cocida que contenga metacestodos. Los cerdos adquieren la cisticercosis al ingerir huevos de *T. solium* a través del consumo de heces de humanos portadores de tenias. En los cerdos los metacestodos pueden localizarse en el tejido muscular, así como en el sistema nervioso central (SNC). La cisticercosis humana se adquiere cuando accidentalmente se ingieren huevos de *T. solium*, a través de alimentos o agua contaminados (Coral-Almeida et al., 2015). En el humano el parásito se localiza con frecuencia en el SNC causando la neurocisticercosis (NCC), enfermedad que puede comprometer gravemente la salud humana.

La NCC se considera una de las enfermedades desatendidas (“neglected diseases”) que afectan la salud pública (Fleury et al., 2016). La cisticercosis porcina afecta la economía de los porcicultores rústicos, sector económicamente marginado. En las comunidades rurales los cerdos se dejan deambular libremente en busca de alimento, en estas comunidades es común la ausencia de drenajes y letrinas; lo cual favorece la coprofagia de los cerdos, estas circunstancias favorecen el desarrollo del ciclo biológico de *T. solium*. La cisticercosis porcina es causa de decomiso cuando se detecta su presencia en rastros, sin embargo, la mayor parte de los cerdos de traspatio no se sacrifican en rastros y son consumidos sin inspección sanitaria por sus productores o por intermediarios que los adquieren a precios drásticamente menores para su venta (Ito & Budke, 2014). Considerando que más del 80% de los cerdos de traspatio viven menos de un año, la presencia de la cisticercosis porcina es un indicador de la transmisión activa del parásito entre cerdos y humanos. Por lo tanto, el diagnóstico de la cisticercosis porcina resulta fundamental para identificar la magnitud de la transmisión en un área (Sciutto et al., 1998).

Existen diferentes metodologías para evaluar la prevalencia de cisticercosis porcina. La detección de cisticercos por palpación lingual durante la inspección veterinaria es un método poco costoso, aunque de baja sensibilidad, porque detecta los cerdos con infecciones masivas, principalmente. Este método puede complementarse con estudios serológicos que detectan aquellos cerdos que han estado en contacto con el parásito y presentan aún anticuerpos en circulación (Sciutto et al., 1998). Otro método diagnóstico útil, aunque menos utilizado es la ultrasonografía, en la cual se observan las apariencias ecográficas de los metacestodos, principalmente en músculos de miembros torácicos y pélvicos. Esta técnica aplicada por personas que han recibido el entrenamiento adecuado, ha demostrado poseer una sensibilidad superior a la palpación lingual (Flecker et al., 2017). En

**Programa interdisciplinario en salud**

diferentes países de Latinoamérica, se estima que entre el 25% y 70% de los cerdos de traspatio pueden estar infectados con metacestodos de *T. solium* (Flisser, 2002). En Guatemala aproximadamente el 70% de las explotaciones porcinas son de traspatio, dato que señala que existen las condiciones que promueven la infección. García-Noval et al. (1996) reportaron la seroprevalencia de cisticercosis humana en dos comunidades rurales de Guatemala del departamento de Jutiapa; Quesada y el Jocote, con 10% y 17%, respectivamente. Sin embargo, hace más de 20 años que no se realizan estudios de prevalencia en nuestro país, y hasta la fecha no se ha implementado un programa para la prevención y control del complejo teniasis/cisticercosis. Aunque los datos existentes señalan la presencia de la cisticercosis en Guatemala; se desconoce la situación epidemiológica actual del complejo teniasis/cisticercosis. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la prevalencia de la cisticercosis porcina y los factores de riesgo asociados en el caserío Azacualpa, en Gualán, Zacapa. Además.

#### **4. Planteamiento del problema**

El complejo teniasis/cisticercosis es endémico en la mayoría de los países de América Latina, África y Asia. Esta parasitosis sigue ocasionando una morbi-mortalidad inaceptable en los humanos, principalmente por la severidad y pérdidas económicas de la neurocisticercosis (Bhattarai et al., 2015; Trevisan et al., 2017). El ciclo de vida de *T. solium* requiere de cerdos ambulantes, así como fecalismo al ras del suelo de los habitantes. Considerando esta situación, es evidente que el problema existe en Guatemala. En particular, datos recientes confirman la presencia de teniasis y cisticercosis en todos los departamentos, con mayor reporte de casos en los últimos cinco años en Zacapa, Quetzaltenango, Chiquimula, Huehuetenango y Petén (SIGSA, 2017). Sin embargo, desde 1996, el complejo teniasis/cisticercosis no ha sido investigado a profundidad. Cabe destacar que actualmente la OPS/OMS están promoviendo un programa de control para lograr la erradicación de *T. solium* en América Latina a corto plazo. Los cerdos de traspatio infectados representan el mejor indicador para establecer un área endémica del complejo teniasis/cisticercosis. Considerando esta situación, se realizó un estudio de prevalencia de la cisticercosis porcina, en el caserío Azacualpa, municipio de Gualán en el departamento de Zacapa. Esta localidad no había sido reportada como área endémica del complejo teniasis/cisticercosis, sin embargo, presentaba las condiciones epidemiológicas (falta de letrinas y presencia de cerdos ambulantes), para que se desarrolle el ciclo de *T. solium*. En esta localidad se determinó la prevalencia de la cisticercosis porcina, y se determinaron los factores de riesgo asociados a la cisticercosis porcina. Debido a las reacciones cruzadas de las pruebas inmunodiagnósticas de la cisticercosis porcina con *Taenia hydatigena* y la

**Programa interdisciplinario en salud**

confirmación de esta especie en Latinoamérica, se discriminó entre las especies de cestodos presentes en cerdos de traspatio a través de las características morfológicas.

## 5. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la prevalencia de la cisticercosis porcina por inspección veterinaria (palpación lingual y ultrasonografía), y cuál es la seroprevalencia por inmunodiagnóstico (ensayo de ELISA) en el caserío Azacualpa?
- ¿Cuál es la distribución espacial de la cisticercosis porcina en el caserío Azacualpa?
- ¿Cuáles son las especies de cestodos presentes en los cerdos de traspatio en el área de estudio?
- ¿Qué factores de riesgo asociados a la presencia de la cisticercosis porcina, están presentes en el caserío Azacualpa?

## 6. Delimitación en tiempo y espacio

### **Delimitación en tiempo:**

El estudio se realizó de febrero de 2019 a enero de 2020. La inspección veterinaria y la toma de muestras para serología fueron realizadas de marzo a septiembre de 2019, los ensayos de ELISA se realizaron en los meses de junio y noviembre de 2019 y el análisis de datos en enero 2020.

### **Delimitación en espacio:**

El caserío Azacualpa, del municipio de Gualán, del departamento de Zacapa, se encuentra ubicado a 168 km de la ciudad capital, cuenta con 90 familias y una población de 101 cerdos de traspatio (durante el periodo de censo, enero 2019).

## 7. Marco teórico

### **Morfología y ciclo de vida**

El humano puede ingerir la fase larval de *T. solium* (metacestodo o cisticerco), a través del consumo de carne cruda o parcialmente cocida de cerdo. El cisticerco posee un escólex que se evagina y se adhiere al intestino delgado, a través de una doble hilera de 22 a 32 ganchos y cuatro ventosas. Tres a cuatro meses después el cisticerco se desarrolla por completo en una tenia adulta; el cual tiene una longitud de 1 a 5 m de largo, posee un escólex, y posteriormente un cuello, del cual emerge el estróbilo, conformado por 700 a 1,000 proglótides inmaduros, maduros y grávidos. Los proglótides inmaduros carecen de órganos sexuales, mientras que los grávidos se encuentran repletos de huevos. Las tenias son organismos hermafroditas y cada segmento maduro contiene de 350 a 600 testículos y tres ovarios lobulados. Los proglótides grávidos son liberados en las heces, tres a cinco meses post-infección y cada proglótide contiene entre 50,000 y 60,000 huevos. Los huevos son



**Programa interdisciplinario en salud**

esféricos, poseen un tamaño de 26 a 34µm; están formados por una oncosfera o embrión hexacanto y un embrióforo que los rodea; una vez liberados en el medio ambiente y al ser ingeridos por un cerdo, las enzimas digestivas y la bilis digieren la membrana de la oncosfera, posteriormente los huevos circulan hasta desarrollarse en el estado larval (Flisser, 2013). Los cisticercos se localizan en la musculatura esquelética y cardíaca, así como en el cerebro de los cerdos; todo el proceso de infección toma tres meses. Los cisticercos permanecen viables durante un año en los cerdos. El humano es el hospedador definitivo, ya que alberga al parásito adulto, sin embargo, los humanos pueden adquirir cisticercos a través del consumo de alimentos contaminados con huevos de *T. solium*. Los cisticercos en humanos se desarrollan en el sistema nervioso central, ojos, músculo estriado y cardíaco y en el tejido subcutáneo (Flisser, 2013).

**Teniasis y cisticercosis humana**

En los humanos la teniasis se puede manifestar de forma asintomática. Las personas infectadas con *T. solium* pueden reportar la presencia de proglótides en las heces. Las personas con cisticercosis muscular y/o subcutánea usualmente son asintomáticas. Cuando los cisticercos se localizan en el cerebro, se produce la neurocisticercosis (NCC). Un buen porcentaje de las personas con NCC permanecen asintomáticas, sin embargo, cuando se presentan signos clínicos de la enfermedad se puede manifestar con convulsiones epilépticas, cefalea y disminución de las funciones cognitivas. Los casos severos pueden ser mortales o provocar discapacidades y secuelas neurológicas. Desde la perspectiva de la prevención, control y erradicación, los casos de teniasis intestinal son de gran importancia, ya que juegan el rol principal para perpetuar el ciclo de vida de *T. solium* (García et al., 2000). En la cisticercosis humana los metacestodos experimentan diferentes fases de involución, la fase uno es la vesicular que se caracteriza por un quiste recubierto por una pared vesicular translúcida, con presencia de un líquido transparente y escólex invaginado viable. La fase dos es la coloidal con un quiste de pared gruesa, con presencia de un líquido turbio y un escólex degenerado; esta fase induce una respuesta inflamatoria en el hospedador. El quiste se degenera subsecuentemente y pasa a la fase granular, con un quiste de pared aún más engrosada, escólex degenerado y sin asociación a una respuesta inflamatoria. Finalmente, el quiste se transforma en un nódulo calcificado (Del Brutto, 2012). La localización de los cisticercos en el cerebro es clave para la determinación de las manifestaciones clínicas, por lo tanto, la NCC se clasifica en parenquimatosa o extra-parenquimatosa (García et al., 2000). La NCC parenquimatosa, ocurre por la presencia de quistes en las uniones que separan la materia gris de la sustancia blanca. Las vesículas son ovoides o esféricas de 0.5 a 1 cm de diámetro. Se localizan en zonas vascularizadas; la sustancia gris cortical y los núcleos subcorticales. La NCC parenquimatosa posee una prognosis más favorable que la extra-parenquimatosa y se presenta con cefaleas y convulsiones. En general la NCC extra-parenquimatosa es la forma más severa de la enfermedad (Marcin-Sierra et al., 2017). La localización extra-parenquimatosa más común

se presenta en los espacios subaracnoideos y meninges (Singhi & Suthar, 2015). El engrosamiento de las meninges inflamadas en conjunto con el edema, pueden tener un impacto en los nervios periféricos, conduciendo incluso a un atrapamiento del quiasma óptico y de los nervios craneales causando parálisis nerviosa y deficiencias visuales. Frecuentemente se asocia a hipertensión intracraneal que sin tratamiento puede llevar al paciente a la muerte (Marcin-Sierra et al., 2017).

### **Cisticercosis porcina**

El consumo de carne de cerdo cruda e infectada con metacestodos es la causa de la teniasis por *T. solium*, y el factor de riesgo más importante para el apareamiento de la cisticercosis humana y porcina (Dorny et al., 2004). Esto hace que los sistemas de sacrificio y comercialización en zonas endémicas sean fundamentales para la evaluación del riesgo de transmisión de *T. solium* de cerdos a humanos. Sin embargo, un porcentaje muy bajo de cerdos es sometido a la inspección veterinaria en los países subdesarrollados. Los sistemas de mercado en los países endémicos pueden ser muy variados, los grandes productores venden sus animales a los mataderos a través de intermediarios, mientras que los propietarios de un número pequeño de animales los sacrifican en sus domicilios para consumo propio o los venden directamente al mercado local o a los intermediarios, quienes venden los animales clandestinamente (Pawlowski, 2002). La transmisión de los huevos de *T. solium* hacia los cerdos, es el vínculo esencial en el ciclo cerdo-humano-cerdo y requiere que los cerdos posean acceso a heces humanas, y que las personas consuman carne de cerdo cruda o poco cocida con metacestodos (Pawlowski, 2002). La coprofagia es una actividad de los cerdos sin confinamiento; en algunas partes del mundo, cumplen el papel de removedores de las excretas humanas (Dorny et al., 2004). El método más utilizado para detectar cerdos infectados en muchos países endémicos, se realiza a través de la palpación lingual. Esta se lleva a cabo por los pobladores locales para identificar la cisticercosis porcina. Si se lleva a cabo correctamente (palpación e inspección visual), incluso se puede considerar este método altamente específico (Dorny et al., 2004). Sin embargo, la sensibilidad de esta técnica depende del grado de infección de los animales. En animales con cargas parasitarias altas, la palpación lingual puede detectar hasta en 70% de los cerdos infectados, sin embargo, en animales con infecciones leves puede ser mucho menor. En algunos países la inspección veterinaria post-mortem, se realiza visualmente y se lleva a cabo en “sitios de predilección” como el corazón, diafragma, músculos maseteros, lengua, cuello, hombro, músculos intercostales y músculos abdominales. Por consiguiente, es obvio que la eficacia de la inspección veterinaria dependerá no solamente de la minuciosidad de los métodos de inspección, sino también del grado de infección de los cerdos. Además, dado al hecho que en las áreas rurales de Latinoamérica, los animales con infecciones leves aparecen con mayor frecuencia de lo que se pensaba, la inspección realmente subestima la verdadera prevalencia de la cisticercosis porcina (Sciutto et al., 2000). La porcicultura en Guatemala es la segunda línea de producción animal de mayor importancia en el país, aporta

**Programa interdisciplinario en salud**

un 1.7% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 15.8% del Producto Interno Bruto Agrícola (PIBA). Genera más de 10,000 empleos directos y 60,000 indirectos. Además, genera más de US\$100 millones anualmente (MAGA-OIRSA, 2014). La población porcina en Guatemala se estima en dos millones de animales y alrededor del 70% son cerdos de traspatio (MAGA-OIRSA, 2014). Guatemala se considera un país endémico del complejo teniasis/cisticercosis, sin embargo, pocos estudios epidemiológicos se han realizado en las comunidades rurales donde se piensa que la transmisión ocurre activamente. García-Noval et al. (1996) reportaron la prevalencia a través de la palpación lingual de 4% y 14% en las comunidades de Quesada y el Jocote, departamento de Jutiapa, respectivamente. Por lo tanto, es urgente conocer el estado epidemiológico actual de la cisticercosis porcina en otras áreas endémicas.

**Epidemiología del complejo teniasis/cisticercosis**

La prevalencia de la teniasis es muy difícil de evaluar y establecer, debido a que los métodos de copro-parasitología utilizados suelen ser inadecuados y usualmente no pueden diferenciar entre *T. solium* y *T. saginata* (Pawlowski, 2002). La cisticercosis afecta a miles de individuos en los países menos desarrollados, también se encuentra presente en países desarrollados con alta tasa de inmigrantes procedentes de áreas endémicas (Schantz et al., 1998). En las áreas rurales endémicas con alta prevalencia, más del 10% de la población son seropositivos y la proporción puede alcanzar hasta un 25%. Los pocos estudios comunitarios sobre teniasis realizados en Guatemala muestran que las infecciones por *T. solium* son más comunes en personas jóvenes que en adultos, y con mayor frecuencia en la población femenina (García-Noval et al., 1996). Actualmente existen datos relevantes que demuestran que existe un riesgo sustancial para los residentes de varios países de Latinoamérica en contraer las infecciones por *T. solium* (Flisser, 2002). Los factores de riesgo más importantes relacionados en la transmisión de huevos de *T. solium* a través de heces humanas hacia cerdos, se pueden resumir en los siguientes: presencia de cerdos no confinados en domicilios sin letrinas, defecación humana cerca de las áreas de crianza de cerdos, cerdos que se alimentan de heces humanas, uso deliberado de heces humanas como alimento para cerdos, conexión de corrales de cerdos con letrinas humanas, uso de efluentes de drenajes para fertilizar pasturas y cultivos alimenticios e involucramiento de portadores de *T. solium* en la crianza y cuidado de los cerdos (Pawlowski, 2002). Los factores de riesgo más importantes para la transmisión de los metacestodos al humano se pueden resumir en los siguientes: falta de inspección veterinaria en los mataderos o lugares de sacrificio, comercialización a través de mercados clandestinos que evitan la inspección veterinaria y preferencias culturales por comer carne de cerdo cruda o parcialmente cocida (Pawlowski, 2002).

### **Diagnóstico de las infecciones por *T. solium* en humanos**

Existen varias técnicas diagnósticas para la detección de la teniasis, como la microscopía de heces, prueba de cinta adhesiva peri-anal, ELISA para copro-antígeno o anticuerpos circulantes, detección e identificación a través de la morfología de proglótides y gusano adulto, patrones de iso-enzimas y diagnóstico molecular. La posibilidad de diagnosticar la teniasis por *T. solium* por la detección de anticuerpos específicos ha sido demostrada. El test serológico utiliza antígenos de excreción-secreción derivados de adultos de *T. solium* en inmunoblot por electroinmunotransferencia (EITB). Además, se han utilizado métodos para extraer ADN de *Taenia* spp. a través de heces humanas, las muestras se han podido utilizar en la PCR para el diagnóstico de teniasis (Yamasaki et al., 2004). El diagnóstico de la cisticercosis humana se realiza por técnicas parasitológicas. Además, existen las técnicas de imágenes diagnósticas como la radiografía, tomografía axial computarizada y la resonancia magnética (Singhi & Suthar, 2015). Las técnicas inmunodiagnósticas para la detección de la cisticercosis pueden utilizarse para el diagnóstico de casos individuales o bien, para estudios epidemiológicos. Estas pruebas incluyen métodos de detección de anticuerpos específicos y antígenos parasitarios circulantes en suero o líquido cefalorraquídeo. Los métodos para la detección de anticuerpos se utilizan cuando se han producido anticuerpos específicos como respuesta a la infección por *T. solium*, principalmente anticuerpos IgG (Carpio et al., 1998). Algunas de las técnicas para la detección de anticuerpos contra *T. solium* son: fijación de complemento, hemoaglutinación, radio-inmunoensayo, ELISA, aglutinación en látex e inmunoblot. Los antígenos utilizados en estas pruebas pueden ser el fluido del metacestodo u homogenizados crudos de metacestodos de *T. solium*. Además, preparaciones de antígenos crudos de *Taenia crassiceps* han sido igualmente utilizadas. Siendo su principal ventaja que pueden ser mantenidos en el laboratorio utilizando roedores (Dorny et al., 2004). Estos antígenos no purificados poseen alta sensibilidad y especificidad cuando se utiliza líquido cefalorraquídeo (LCR) (Michelet et al., 2012), sin embargo, disminuyen cuando se utiliza suero (Fleury et al., 2001; Fleury et al., 2003; Fleury et al., 2007). Algo similar ocurre con el ensayo EITB; que contiene siete glicoproteínas, purificadas a través de cromatografía lentil-lecitina purificada; cuando se utiliza en LCR posee alta especificidad y sensibilidad que varía entre 70% y 90%. Sin embargo, se ha reportado una sensibilidad baja hasta de 28%, en casos con un solo quiste en parénquima cerebral. El EITB, es de alto costo y no se produce comercialmente. Para fines epidemiológicos, resulta más adecuado el uso de ELISA, debido a su mayor disponibilidad, simplicidad y menor costo que el EITB.

### **Diagnóstico de la cisticercosis porcina (*T. solium*)**

Las pruebas inmunodiagnósticas en cerdos se utilizan en estudios de seroprevalencia y estudios de intervención. En áreas endémicas, los cerdos pueden ser utilizados como centinelas para comprobar la transmisión de los huevos de *T. solium*. La mayoría de las pruebas desarrolladas para el diagnóstico de la cisticercosis humana han sido adaptadas para

**Programa interdisciplinario en salud**

el análisis de sueros de cerdos, incluyendo el EITB y ELISA para detección de anticuerpos (Sato et al., 2003). Los beneficios del inmunodiagnóstico en cerdos son: ofrece diagnóstico en animales vivos, es más sensible que el examen por palpación lingual y relativamente económico y fácil de realizar cuando se estudia una población numerosa de cerdos (Dorny et al., 2004). En varios estudios sobre cisticercosis porcina, el inmunodiagnóstico ha sido de utilidad para estimar la prevalencia e identificar los factores de riesgo asociados a la transmisión de *T. solium*. Sin embargo, la palpación lingual y la inspección veterinaria en mataderos son métodos prácticos y económicos, con limitada sensibilidad, especialmente en infecciones leves. Por otro lado, las pruebas serológicas son de mayor costo y requieren facilidades de laboratorio. En estudios de campo realizados, las pruebas serológicas en comparación con necropsias de cerdos; tienden a poseer baja especificidad. Los desarrolladores de las pruebas serológicas deben dilucidar los antecedentes de una especificidad tan baja, principalmente por reacciones cruzadas con *T. hydatigena*. En general, existe una necesidad importante de pruebas inmunodiagnósticas nuevas o mejoradas con una buena concordancia con los resultados de la necropsia (WHO, 2016). Por otro lado, la detección de anticuerpos tiende a sobre-estimar la prevalencia de la cisticercosis, debido a que puede producirse una reacción transitoria de anticuerpos después de la exposición a *T. solium*, sin establecimiento de cisticercos (García et al., 2000). Por lo tanto, es importante considerar algunas limitaciones relacionadas al sero-diagnóstico en cerdos: se ha reportado que la sensibilidad de las técnicas es baja en cerdos con cargas parasitarias bajas, cuando se miden anticuerpos se obtiene la medición de exposición de antígenos y no una infección activa, la interpretación de resultados seropositivos en cerdos jóvenes pueden complicarse debido a los anticuerpos maternos (pueden perdurar hasta por siete meses) y las reacciones cruzadas con metacestodos de *T. hydatigena* son la regla más que la excepción, en la mayoría de las pruebas de detección de anticuerpos y antígenos (Sciutto et al., 1998; García et al., 2000; Dorny et al., 2004). En la actualidad existen pocas pruebas inmunodiagnósticas específicas para la especie *T. solium*, varias han demostrado reacción cruzada con antígenos de otros cestodos como *T. hydatigena* principalmente, y *Echinococcus* spp. (Devleeschauwer et al., 2013; Lightowlers et al., 2016).

**Prevención, control y tratamiento del complejo teniasis/cisticercosis**

La información recopilada de los estudios epidemiológicos realizados en las áreas endémicas, ha conglomerado las siguientes recomendaciones: a) inspección veterinaria de las carcasas de cerdo para prevenir infecciones humanas; b) mejoramiento del manejo de la crianza de cerdos, previniendo la ingesta de alimento y agua contaminada con heces fecales humanas; c) monitoreo de las personas que crían cerdos (teniasis) y proporcionar tratamiento si es requerido; d) adecuado tratamiento de efluentes de desagües de granjas, uso de letrinas y evitar el uso de compost en la agricultura; e) control de sistemas de

**Programa interdisciplinario en salud**

mercados de cerdos, incluyendo la provisión de incentivos para garantizar el cumplimiento del propietario y (f) educación sanitaria de los granjeros y consumidores, principalmente durante la preparación y cocción de la carne (Pawlowski, 2002). La erradicación de *T. solium* de un área endémica puede llevarse a cabo a través del tratamiento de los humanos infectados, solo si se realizan intervenciones integrales, incluyendo acciones para evitar el contagio de los cerdos. El tratamiento de los cerdos puede bloquear un paso crucial en el ciclo de transmisión del complejo teniasis/cisticercosis. El tratamiento de la población porcina puede motivar a los productores a ofrecer voluntariamente a sus cerdos en un programa utilizando antihelmínticos. El oxfendazol es un benzimidazol contra las larvas y adultos de varias especies de cestodos; ha demostrado su eficacia contra la cisticercosis porcina en un esquema de una sola dosis, su superioridad ante el praziquantel y albendazol, y la aparición de las carcasas tres meses después, hacen de este antihelmíntico una excelente opción quimioterapéutica. Actualmente, existen dos drogas para el tratamiento de la teniasis; niclosamida y praziquantel. La niclosamida posee una eficacia contra la teniasis intestinal de 85%, aunque no se recomienda en pacientes menores de dos años (OIE/WHO/FAO, 2005). El praziquantel es activo contra el tejido de los parásitos (incluyendo el metacestodo). Su mecanismo de acción aún no se conoce por completo; pero incrementa la permeabilidad del calcio y causa la muerte del parásito. El uso de praziquantel está contraindicado en pacientes con cisticercosis ocular y neurocisticercosis asintomática, ya que puede provocar una reacción inflamatoria intensa alrededor del cisticerco dañado (OIE/WHO/FAO, 2005).

Existen también vacunas eficientes y de bajo costo para prevenir la cisticercosis porcina e interrumpir la transmisión. Entre ellas figuran la S3Pvac y la S3Pvac-fago que se han desarrollado en México (Huerta et al., 2001; Morales et al., 2008). La S3Pvac-fago, en México, redujo considerablemente la transmisión de la enfermedad (de Aluja et al., 2014). Actualmente, se ha desarrollado una nueva versión de la vacuna S3Pvac expresada en papaya que ha resultado ser inmunogénica en cerdos aplicada oralmente y que ofrece una alternativa de bajo costo que puede ser aplicada por el propio porcicultor rústico (Fragoso et al., 2017). Estas vacunas estarían accesibles para su uso a través del convenio de colaboración que se ha establecido entre USAC y la UNAM (institución que generó la vacuna).

**8. Estado del arte**

García-Noval et al. (1996) realizaron un estudio epidemiológico en dos comunidades rurales del departamento de Jutiapa: Quesada y el Jocote. Se detectaron anticuerpos contra metacestodos de *T. solium* en pacientes humanos, a través de un inmunoblot. La seroprevalencia de la cisticercosis humana fue de 10% y 17%, en Quesada y el Jocote, respectivamente. Mientras que la prevalencia de teniasis intestinal en las comunidades fue 1% y 2.8%, respectivamente. Se encontraron quistes linguales en 4% de los cerdos muestreados en la comunidad de Quesada y 14% en el Jocote. Ambas comunidades se

### Programa interdisciplinario en salud

determinaron como endémicas del complejo teniasis/cisticercosis. El diagnóstico de la cisticercosis porcina permite identificar áreas con transmisión activa de *T. solium* y también monitorear intervenciones comunitarias. Recientemente, pocos inmuno-ensayos comerciales y fabricados en laboratorios han sido desarrollados para el diagnóstico de la cisticercosis porcina, sumado a esto, ninguno es exacto y ninguno está disponible para la implementación en gran escala en países subdesarrollados. Los principales obstáculos han sido un rendimiento insuficiente de las pruebas, altos costos, accesibilidad limitada, y capacitación avanzada requerida para su uso (WHO, 2016). Además, se ha comprobado las limitaciones de las pruebas inmunodiagnósticas, por detección de anticuerpos o bien por detección de antígenos. Ambos fundamentos de las pruebas han demostrado ser adecuados para el diagnóstico de cerdos con cargas parasitarias altas. Sin embargo, disminuyen su sensibilidad y especificidad cuando se enfrentan con animales con cargas parasitarias bajas; este es el escenario de muchos cerdos de traspatio en Latinoamérica (Sciutto et al., 1998). Considerando que existe una subestimación de la prevalencia a nivel mundial, debido a la falta de ensayos confiables, mayores esfuerzos deben realizarse para el desarrollo de pruebas inmunodiagnósticas, ideales para las áreas rurales y con buen desempeño en cuanto a sensibilidad y especificidad. Otras técnicas han demostrado mejor exactitud, como el ensayo ELISA por purificación de glicoproteínas por enfoque isoeléctrico, sin reacción cruzada con *T. hydatigena* (Ito et al., 1998). Por lo tanto, se ha recomendado la utilización de antígenos autóctonos para el diagnóstico de la cisticercosis porcina. Por otro lado, la palpación lingual no se puede menospreciar debido a que en los países donde no existen pruebas inmunodiagnósticas, es el único método que contribuye a la detección de la cisticercosis porcina (Sato et al., 2003).

### 9. Objetivo general.

Determinar la prevalencia de la cisticercosis porcina y los factores de riesgo asociados en el caserío Azacualpa, Zacapa.

### 10. Objetivos específicos

- Determinar la prevalencia de la cisticercosis porcina a través de la inspección veterinaria (palpación lingual y ultrasonografía) y seroprevalencia a través del ensayo ELISA
- Establecer la distribución espacial de la cisticercosis porcina en el área de estudio.
- Determinar la o las especies de cestodos presentes en los cerdos a través de análisis molecular y filogenético.
- Evaluar los factores de riesgo asociados a la cisticercosis porcina en el área de estudio

### 11. Materiales y métodos

- 11.1 **Enfoque y tipo de investigación:** Se realizó un estudio transversal descriptivo (no experimental) para establecer la presencia/ausencia de metacestodos y anticuerpos

**Programa interdisciplinario en salud**

contra *T. Solium* en cerdos. En el área de estudio se realizó un diagnóstico de acuerdo a las características epidemiológicas que favorecen la presencia del complejo teniasis/cisticercosis (presencia de cerdos ambulantes, ausencia de letrinas en la comunidad o presencia parcial en los domicilios). EL reconocimiento de área se realizó en acompañamiento del COCODE. Posteriormente, se realizaron entrevistas para identificar los domicilios que se incluyeron en el estudio bajo consentimiento informado. La obtención de los factores de riesgo asociados a la presencia de cerdos infectados se hizo a través de un cuestionario utilizando técnicas de entrevista verbal discretas, en donde se incluyeron preguntas relacionadas a la crianza de los cerdos, consumo de carne de cerdo, practicas de higiene y antecedentes sobre la enfermedad en humanos (teniasis y NCC).

**11.2 Recolección de información:**

- Población: cerdos de traspatio
- Muestras: Sangre y suero sanguíneo de los cerdos y metacestodos de *Taenia* spp.
- Unidades muestrales: domicilios con presencia de cerdos de traspatio
- Unidades de observación: cerdos de traspatio, se realizó un mapa del caserío a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), ubicando los domicilios de los propietarios de los cerdos de traspatio. Únicamente se trabajó con los cerdos de los propietarios que autorizaron la recolección de muestras sanguíneas de sus animales. Se incluyeron en el estudio los cerdos de traspatio, machos y hembras mayores de tres meses, tanto para la recolección de muestras sanguíneas, inspección veterinaria in vivo e inspección veterinaria post-mortem. El cuestionario y consentimiento informado fueron elaborados por el equipo de investigación. Para las entrevistas incluyeron los 90 domicilios y para el consentimiento informado y cuestionario únicamente se incluyeron a los propietarios y/o criadores de cerdos habitantes del caserío Azacualpa (mayores de edad).
- **Para investigación cuantitativa:** Considerando una prevalencia esperada del 14% de cisticercosis porcina de acuerdo al estudio realizado por Garcia-Noval et al. (1996) en el departamento de Jutiapa, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5.00%, en una población de 101 cerdos, se obtuvo un mínimo de 66 cerdos de traspatio en el caserío Azacualpa de Gualán, Zacapa, para la obtención de muestras sanguíneas e inspección veterinaria in vivo. Sin embargo, se muestrearon 99 cerdos.



### 11.3 Técnicas e instrumentos:

- **Aval de bioética:** Previo al inicio del trabajo de campo, el proyecto fue evaluado por el comité de bioética de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC. Con fecha 29 de enero, se recibió la aprobación del dicho comité con referencia EEP.15.2019. Para todo el trabajo realizado en cuanto a manipulación de los cerdos, el bienestar animal fue aplicado por todos los investigadores.
- **Consentimiento informado:** El consentimiento informado se realizó por escrito. Las personas que participaron de forma voluntaria en la entrevista fueron informadas sobre el propósito de la investigación, los procedimientos que se realizarían (cuestionario, toma de muestra de sangre y sacrificio de los cerdos), beneficios, riesgo, participación voluntaria y otra información adicional. Con el fin de respaldar la veracidad de la información y facilitar la comunicación, durante la entrevista y la explicación del consentimiento informado el COCODE acompañó al equipo de investigación. Durante el consentimiento informado se les hizo saber a las personas que los cerdos positivos a palpación lingual y/o serología serían comprados para realizar la necropsia y confirmar el diagnóstico, bajo su consentimiento y voluntad.
- **Extracción del antígeno parasitario y elaboración del ensayo ELISA:** Se realizaron tres necropsias de cerdos con alta carga parasitaria y se extrajeron los metacestodos de *T. solium*. Los cisticercos enteros se lavaron tres veces en solución salina estéril y se secaron con papel filtro. Los quistes se puncionaron individualmente con una aguja estéril (jeringa de tuberculina), y el fluido del quiste se recolectó y almacenó en tubos estériles. Al fluido vesicular se le precipitó el calcio de la siguiente forma: a cada ml de fluido vesicular se le adicionaron 50  $\mu$ l de oxalato de amonio 0.3M y 10  $\mu$ l de amoniaco (dilución 1:10), mezclando suavemente. Se dejó reposar una noche en agitación a 4°C y se centrifugó a 20,000 rpm durante 60 minutos a 4 °C en tubo estéril, y se recuperó el sobrenadante. Se prepararon alícuotas de 50  $\mu$ l y 100  $\mu$ l. Finalmente, se determinó la concentración de proteínas mediante el método de Lowry (Lowry et al.1951). Posteriormente se sensibilizaron las placas de ELISA Maxisorp (Marca: Nunc, cat: 439454) con el fluido vesicular extraído de los metacestodos de *T. solium*, en buffer de carbonatos pH 9.6 y se añadió 1  $\mu$ g/pozo. Se incubó durante una noche a 4°C y posteriormente se realizaron 4 lavados con solución PBS.Tween 0.3% (Tween® 20, Marca Sigma, P-1379). Para el bloqueo se utilizó PBS-BSA 1%-Tween 0.3%, 200  $\mu$ l/pozo. Luego se incubó 1 h a 37°C. La albúmina sérica bovina fracción V (Marca Roche, 10 735 094 001). Se lavó cuatro veces con solución PBS-

**Programa interdisciplinario en salud**

Tween 0.3% y se adicionó 100 µl/pozo del suero problema/control diluido 1:100 en PBS-BSA 1%-Tween 0.3%. Luego se incubó por 30 min a 37°C. Se lavó cuatro veces con solución PBS-Tween 0.3%. Se adicionó el conjugado goat anti-IgG de cerdo-HRP (Marca Serotec, AA1141P), a una dilución de 1:10,000 a 1:100,000; dilución optimizada 1:10,000 en PBS-BSA 1%-Tween 0.3%. Y se colocaron 100 µl/pozo, durante 1 h a 37°C. Se lavó cuatro veces con solución PBS-Tween 0.3%. Luego se añadió 100 µl/pozo del sustrato TMB (Marca Zymed, 00-2023) y se incubó durante 10 min a 4°C. Se detuvo la reacción con 100 l/pozo de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.2M). Las densidades ópticas se midieron a 450 nm con un lector de microplacas (Bio-Rad Laboratories). El valor medio más cinco desviaciones estándar de sueros de individuos sanos, se utilizó como el valor de corte (Sciutto et al., 1998).

- **Sedación y anestesia de los cerdos:** se solicitó la colaboración de los propietarios para que el día de la inspección veterinaria, los cerdos estuvieran confinados. Previa a la sedación para inspección veterinaria y anestesia (para eutanasia de cerdos positivos por inspección y/o ELISA), se realizó un examen clínico para descartar enfermedades cardio-respiratorias que impidieran realizar los procedimientos. Se estimó el peso del cerdo de acuerdo al protocolo de pesaje según Mutua et al. (2011). Se tomó tiempo de inicio de efectos durante la anestesia para el control de los parámetros fisiológicos. Para el protocolo de sedación, se utilizó atropina 0.025% (dosis 0.022 mg/kg), azaperona 4% (Dosis 4 mg/kg), xilacina 10% (dosis 5 mg/kg) y ketamina 10% (dosis 5mg/kg) por vía intramuscular profunda en los músculos del cuello; los cerdos fueron monitoreados hasta posterior recuperación e incorporación a su conciencia normal. Para la eutanasia se utilizó pentobarbital de sodio al 6.4% a una dosis de 24 mg/lb por vía intravenosa.
- **Palpación lingual:** se realizó la palpación y observación de la lengua de cada cerdo, para la detección de metacestodos de *Taenia* sp. (quistes linguales). Los cerdos en los que se encontraron quistes linguales, se identificaron con un tatuaje en la parte dorsal de la oreja.
- **Ultrasonografía:** Se realizó la ultrasonografía en músculos cervicales, longitudinales del dorso y de los miembros braquiales y pélvicos de los cerdos. El procedimiento se llevó a cabo con un equipo de ultrasonido marca Siui® con un transductor microconvexo frecuencia de 5 MHz. El tiempo estimado para realizar este procedimiento será de 10 min para cada cerdo examinado (Flecker et al., 2017). Este procedimiento se realizó en 45 cerdos de traspatio de la comunidad de estudio. Sin embargo, no se continuó debido a que se demostró que el equipo utilizado no detectaba cisticercos de *T. solium* debido a que la frecuencia para detectarlos es de 10 a 12 MHz. Sin embargo, este fue un ensayo piloto para capacitar a un técnico especialista en manejo de

**Programa interdisciplinario en salud**

ultrasonografía, específico para detección de cisticercos. Por lo tanto, se pretende realizar este estudio cuando se disponga del equipo adecuado. En estudio no se incluyeron los datos recolectados a través de ultrasonografía, por ausencia de resultados confiables.

- **Recolección de las muestras sanguíneas:** se recolectó una muestra de sangre de 10 ml de cada cerdo de traspatio, a través de la veno-punción al vacío (BD Vacutainer®) de la vena yugular externa y/o vena cava anterior. Cada muestra se depositó en un tubo sin anticoagulante y se almacenó en una hielera a una temperatura de 4°C, hasta su llegada al laboratorio. Posteriormente, se centrifugaron a 3000 rpm por 20 minutos a temperatura ambiente; para separar el suero de la sangre entera. Por último, se almacenaron en crioviales estériles a una temperatura de -20°C, hasta su utilización en las pruebas inmunodiagnósticas.
- **Morfología de los cisticercos:** los cisticercos identificados como *T. solium* fueron caracterizados de acuerdo a su morfología, luego de evaginarlos en un medio de bilis (1ml) de cerdo con PBS (9ml), con una incubación de 12 a 18 h a una temperatura de 37°C, con 5% CO<sub>2</sub> de acuerdo a Flisser et al. (2002). Se identificaron quistes en hígado y pulmón a través de histología, y se observaron las características de los ganchos de cestodos de acuerdo a Haukialmi et al., (2011).
- **Extracción de metacestodos de *Taenia* spp.:** los cerdos positivos a la prueba inmunodiagnóstica fueron anestesiados y sacrificados. Se realizaron las necropsias y en cada músculo se realizaron cortes de 0.5 cm en todo el tejido muscular del cadáver y se examinaron las vísceras rojas: pulmones e hígado y vísceras verdes: mesenterio, intestino delgado, para la extracción de metacestodos de *Taenia* spp. Los cadáveres de los cerdos fueron incinerados a través de un incinerador artesanal y se garantizó la eliminación de todos los tejidos y órganos. Este procedimiento se realizó en CUNZAC, ya que la Facultad de Medicina Veterinaria, carece de instalaciones y equipo para el desecho de cadáveres de cerdos y el permiso de realizar el procedimiento fue negado.
- Los metacestodos se depositaron en tubos estériles con solución salina 0.9%, y se transportaron en una hielera a 4°C hasta su llegada al laboratorio, donde se almacenaron en crioviales estériles a una temperatura de -70°C. Posteriormente, se seleccionaron metacestodos extraídos para análisis por técnica molecular.
- **Extracción de ADN de metacestodos de *Taenia* sp. y Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR):** se extrajo ADN total de cada metacestodo seleccionado; para este propósito se utilizó el kit de extracción Promega® Tissue MiniPrep (Promega, 2006), siguiendo las recomendaciones del fabricante. Este procedimiento se realizó el 7 de febrero de 2020, debido al retraso en la entrega del kit de extracción por parte de DIGI y Dilab. Por lo tanto, el protocolo que se presenta a continuación se está llevando a cabo y los resultados del análisis molecular serán presentados en la publicación del

**Programa interdisciplinario en salud**

manuscrito. Ante la ausencia de estos resultados a la fecha, no se incluyeron en este informe final.

- Para la PCR se amplificó la región citocromo oxidasa subunidad 1, *cox1* del ADN mitocondrial y se utilizaron los iniciadores: *cox1*/F (forward: 5'-GTTATGTTAGACTAGATGTTTTCA-3') y *cox2*/R (reverse: 5'TCCACTAAGCATAATGCAAAAGGC-3') (Nakao et al., 2002). También del ADN mitocondrial se amplificó la región citocromo b, *cytb* y se utilizaron los siguientes iniciadores: *Cytb*/F (forward: 5'-ATAAACTGATAGATTGTGGTTC-3') y *Cytb*/R (5'-CATATGACTGTCTAATGAAGAAA-3') (Nakao et al., 2002). Finalmente se amplificó la región 28S del ADN ribosomal y se utilizaron los iniciadores: JB10 (forward: 5'-GATTACCCGCTGAACTTAAGCATAT-3') y JB9 (reverse: 5'-GCTGCATTCACAAACACCCCGACTC-3'). Cada reacción de PCR contenía 12.5 µl de DreamTaq™, Master Mix (Fermentas®), 2.25 µl (10 pmol/µl) de cada iniciador, 3 µl de ADN genómico y 5 µl de agua libre de nucleasas, para un volumen total de 25 µl. Se utilizó el mismo procedimiento de cada reacción excluyendo ADN genómico, para la utilización de controles negativos. Las condiciones del termociclador fueron las siguientes: para la región *cox1*, se utilizó una desnaturalización inicial de 94 °C por 3 minutos, seguido de 30 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 30 segundos, hibridación de 56 °C por 30 segundos y extensión de at 72 °C por 90 segundos, con una extensión final de 72 °C por 5 min. Para la región *cytb*, una desnaturalización inicial de 94 °C por 3 minutos, seguido de 30 ciclos de desnaturalización a 94 °C por 30 segundos, hibridación de 58 °C por 30 segundos y extensión de 72 °C por 1 minuto, con una extensión final de 72 °C por 5 min. Para la región 28S rDNA, una desnaturalización inicial de 94 °C por 3 minutos, seguido de 40 ciclos de desnaturalización a 95 °C por 20 segundos, hibridación de 55 °C por 30 segundos y extensión de at 72 °C por 30 segundos, con una extensión final de 72 °C por 6 min. Los productos de la PCR se visualizaron por electroforesis en geles de agarosa 1.5%.
- **Secuenciación y análisis filogenético:** los productos amplificados por la PCR fueron enviados al Instituto de Investigaciones Biomédicas – UNAM, para su purificación y secuenciación. El análisis filogenético está pendiente de realizarse ya que los productos amplificados están por secuenciarse.
- **Georreferenciación de los cerdos positivos:** para cada sitio de muestreo (domicilio) se anotaron las coordenadas (latitud y longitud), a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Se generó un mapa del caserío Azacualpa, con la distribución de los cerdos positivos y negativos en cada uno de los sitios de muestreo. Para este propósito se utilizó el programa ArcGis 10.

#### 11.4 Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	VARIABLES o unidades de análisis que serán consideradas	Forma en que se medirán, clasificarán o cualificarán
Determinar la prevalencia de <i>T. solium</i> , a través de la inspección veterinaria (palpación lingual y ultrasonografía) y la seroprevalencia a través del ensayo ELISA, de los cerdos de traspatio muestreados en la localidad de estudio	Diagnóstico por palpación Diagnóstico por ultrasonido Diagnóstico por serología	Cualitativa, categórica, nominal, dicotómica. Positivo/negativo
Determinar la ubicación geográfica de los cerdos positivos a cisticercosis, en los domicilios del caserío Azacualpa	Ubicación de cerdos positivos	Cualitativa, nominal, dicotómica. Latitud y longitud del domicilio con cerdos infectados
Establecer una relación entre la edad del cerdo y la presencia de la cisticercosis porcina	Edad del cerdo	Cuantitativa, continua, de razón. Meses cumplidos
Establecer una relación entre el sexo del cerdo y la presencia de la cisticercosis porcina	Sexo del cerdo	Cualitativa, nominal, dicotómica. Hembra/macho
Establecer una relación entre el confinamiento del cerdo y la presencia de la cisticercosis porcina	Confinamiento del cerdo	Cualitativa, nominal, dicotómica. Cerdo presente/ausente
Establecer una relación entre el tipo de alimentación del cerdo y la presencia de la cisticercosis porcina	Alimentación del cerdo	Cualitativa, categórica, nominal, polinómica. Concentrado, desperdicio, ambos, nada
Establecer una relación entre el propósito del cerdo y la presencia de la cisticercosis porcina	Propósito del cerdo	Cualitativa, categórica, nominal, dicotómica. Consumo/venta
Establecer una relación entre la presencia/ausencia de letrinas y la presencia de la cisticercosis porcina	Presencia de letrinas	Cualitativa, categórica, nominal, dicotómica. Presente/ausente

#### 11.5 Procesamiento y análisis de la información:

- Estadística descriptiva: Las variables cualitativas se resumieron a través de tablas de distribución de frecuencias y cálculo de porcentaje de cada una de ellas. Se calculó la prevalencia para determinar en forma global, el porcentaje de cerdos infectados con metacestodos de *Taenia* spp., con un intervalo de confianza al 95%. La variable edad se resumió a través de medidas de tendencia central y de dispersión (promedio y desviación estándar). Calculando intervalos de confianza al 95%.

- Estadística analítica: Se realizó la prueba de Ji-cuadrada de Pearson (prueba de independencia) para determinar si existía asociación significativa entre el porcentaje de cerdos positivos de acuerdo al sexo del cerdo, confinamiento, alimentación, propósito del cerdo y presencia de letrinas. Se obtuvo la razón de prevalencia para cada una de las variables evaluadas con el porcentaje de cerdos positivos, con el cálculo de intervalos de confianza al 95%. Las variables de exposición que mostraron asociación estadística en el análisis bivariado con valor  $p < .10$ , se incluyeron en un modelo de regresión logística para obtener el odds ratio ajustado para cada variable. Los valores  $p < 0.5$ , fueron considerados como significativos. Para este propósito se utilizó el programa Statistical Package for the Social Sciences V.21 (SPSS).

## 12. Vinculación, difusión y divulgación

El proyecto se llevó a cabo en conjunto y en colaboración del Instituto de investigación del Centro Universitario de Zacapa-CUNZAC, coordinado por el Dr. Manuel Barrios Izás. En las instalaciones de CUNZAC se realizaron las necropsias e incineración de los cerdos. Además, se realizó una estrecha colaboración con del Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIBO) de la Universidad Autónoma de México-UNAM. El equipo de investigadores guatemaltecos fue capacitado por la Dra. Edda Sciutto, Dra. Agnes Fleury y Dra. Marisela Hernández; coordinadoras del IIBO para la implementación de ELISA para la detección de anticuerpos de *T. solium* y técnicas moleculares. Además, se recibieron donaciones de reactivos e insumos de laboratorio que se utilizaron en el proyecto de investigación.

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

### Prevalencia y carga parasitaria de cisticercosis porcina

Se examinaron 98 cerdos de traspatio de la comunidad de estudio, de los cuales a través del método de palpación lingual el 4.08% (4) resultó positivo, 8.16% (8) sospechosos y 88.77% (87) negativo. A través de la prueba de ELISA para la detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina, se estimó una seroprevalencia de 13.26% (13) (I.C.95%±9.9-16.7) y 86.73% (85) resultó negativo. El sexo y la edad de los cerdos positivos a los dos métodos diagnósticos, así como la densidad óptica del ELISA de los cerdos seropositivos, se pueden observar en la tabla 1. La cerda No. 56 fue el único caso en el cual se encontró un resultado negativo al ELISA y positivo a la palpación, posteriormente se confirmó la presencia de *T. solium* por necropsia.

Programa interdisciplinario en salud

**Tabla 1.** Cerdos positivos a cisticercosis porcina por medio de palpación lingual y ensayo ELISA para detección de anticuerpos contra *T. solium*.

Información del cerdo			Resultados del examen clínico e inmunología			
No. cerdo	Sexo	Edad/meses	Palpación lingual	ELISA		
				Densidad óptica (nm)	Punto de corte (nm)	Diagnóstico
5	Macho	18	Sospechoso	1.51	0.91	Positivo
8	Hembra	36	Sospechoso	0.40	0.91	Negativo
9	Hembra	3	Negativo	1.90	0.91	Positivo
10	Hembra	24	Positivo	0.45	0.91	Negativo
14	Hembra	12	Negativo	2.18	0.91	Positivo
16	Hembra	12	Negativo	1.62	0.91	Positivo
19	Hembra	6	Negativo	1.47	0.91	Positivo
20	Hembra	24	Sospechoso	0.25	0.91	Negativo
23	Macho	6	Sospechoso	0.24	0.91	Negativo
24	Hembra	24	Positivo	2.79	0.91	Positivo
25	Hembra	24	Negativo	2.94	0.91	Positivo
34	Hembra	12	Positivo	1.55	0.57	Positivo
36	Hembra	24	Sospechoso	0.30	0.57	Negativo
47	Macho	4	Negativo	0.60	0.57	Positivo
48	Macho	4	Negativo	0.64	0.57	Positivo
56	Hembra	12	Positivo	0.52	0.57	Negativo
57	Macho	4	Sospechoso	0.35	0.57	Negativo
68	Macho	54	Negativo	0.76	0.57	Positivo
70	Hembra	48	Sospechoso	0.63	0.57	Positivo
86	Macho	6	Negativo	1.08	0.80	Positivo
89	Macho	6	Sospechoso	0.33	0.80	Negativo

Se realizaron las necropsias de nueve de los 13 cerdos seropositivos, debido a que los propietarios de los cerdos restantes, no accedieron a vender a sus cerdos o ya habían sido vendidos a comerciantes. Siete (7.14%) de los cerdos resultaron positivos a la presencia de metacestodos de *T. solium*; cinco (5.10%) presentaron quistes parasitarios sugerentes a *Taenia* sp. y se determinó coinfección de *T. solium* y *Taenia* sp. en tres (3.06%) cerdos. La carga de metacestodos de *T. solium* varió de 1 a más de 23,000. El número de cisticercos de *T. solium* por cerdo y su ubicación anatómica se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Hallazgos de las necropsias y carga parasitaria de *T. solium* y *Taenia* sp.

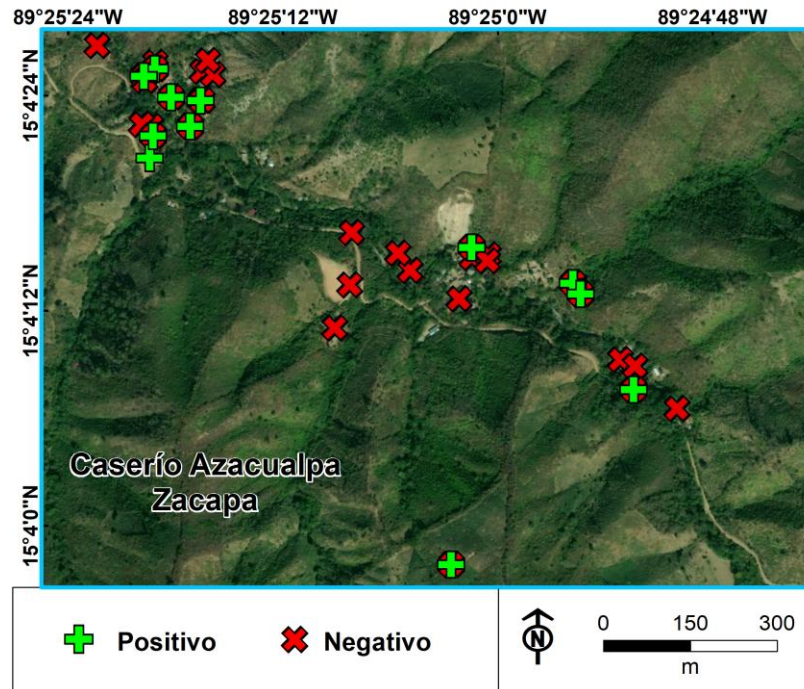
No. Cerdo	Diagnóstico			Resultados necropsia							
	Palpación lingual	ELISA	Diagnóstico	Conteo de cisticercos <i>T. solium</i>				Conteo de cisticercos <i>Taenia</i> sp.			Coinfección
				ME <sup>1</sup>	MC <sup>2</sup>	C <sup>3</sup>	TOTAL	H <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>	TOTAL	
14	Negativo	Positivo	Positivo	119	1	1	121	4	0	4	Sí
16	Negativo	Positivo	Positivo	5	0	0	5	0	0	0	No
19	Negativo	Positivo	Positivo	1	0	0	1	2	1	3	Sí
24	Positivo	Positivo	Positivo	5806	26	2	5834	0	0	0	No
25	Negativo	Positivo	Positivo	3,473	15	5	3493	1	2	3	Sí
34	Positivo	Positivo	Positivo	23,027	232	0	23,259	0	0	0	No
47	Negativo	Positivo	Negativo	0	0	0	0	1	0	1	No
48	Negativo	Positivo	Negativo	0	0	0	0	1	0	1	No
56	Positivo	Negativo	Positivo	118	1	1	120	0	0	0	No

<sup>1</sup> Músculo Esquelético. <sup>2</sup> Músculo cardiaco. <sup>3</sup> Corazón. <sup>4</sup> Hígado. <sup>5</sup> Pulmones.

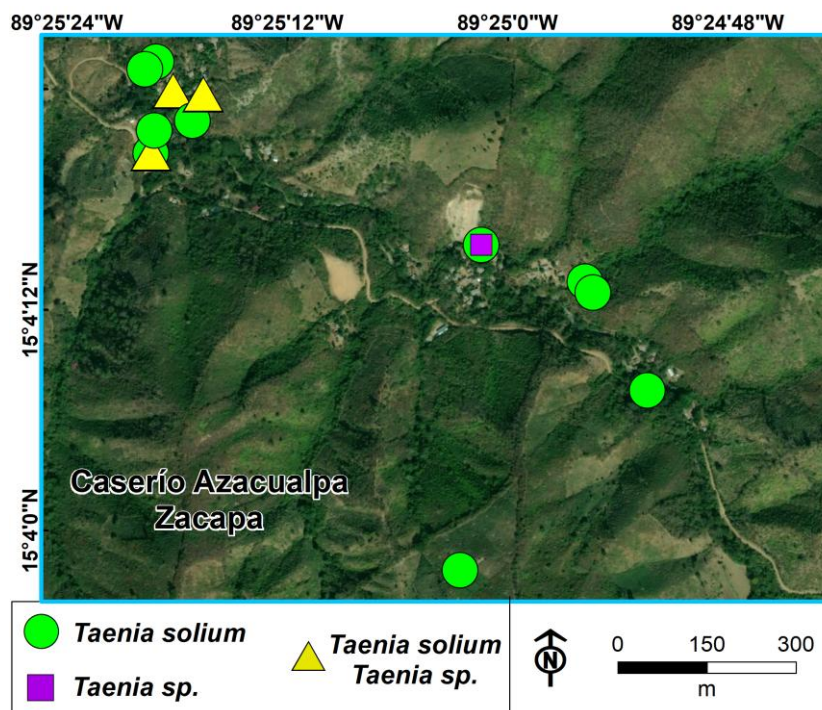
### Distribución espacial de la cisticercosis porcina en el caserío Azacualpa

En la figura 1, se observan los domicilios del caserío Azacualpa con los resultados de los cerdos positivos y negativos al ELISA. Las cruces verdes representan los domicilios con cerdos positivos y las cruces rojas los domicilios con cerdos negativos. En el área del caserío Azacualpa conocida como Barreto (esquina superior derecha figura 1) se observa un conglomerado de domicilios con cerdos positivos, mientras que cuatro domicilios con cerdos positivos se encuentran distantes (0.5 km, aproximadamente) de este conglomerado. El domicilio más distante (parte inferior media figura 1), corresponde a una cerda positiva por serología y necropsia que se encontró en la comunidad vecina de Cuchilla Tendida. En la figura 2 se observa la distribución de *T. solium* y *Taenia* sp., en la comunidad de estudio. Los círculos verdes representan los domicilios en los cuales se encontraron cerdos positivos a *T. solium* confirmados por necropsia y morfología, mientras que el cuadro purpura representa un domicilio en el cual se encontró un cerdo positivo a *Taenia* sp. (por hallazgo de quistes parasitarios en hígado). Los triángulos amarillos representan los domicilios en los cuales se encontraron cerdos positivos coinfectados con *T. solium* y *Taenia* sp. Los cestodos representados en los domicilios de la figura 2, fueron clasificados de acuerdo a su morfología, luego se realizó la necropsia de los cerdos.





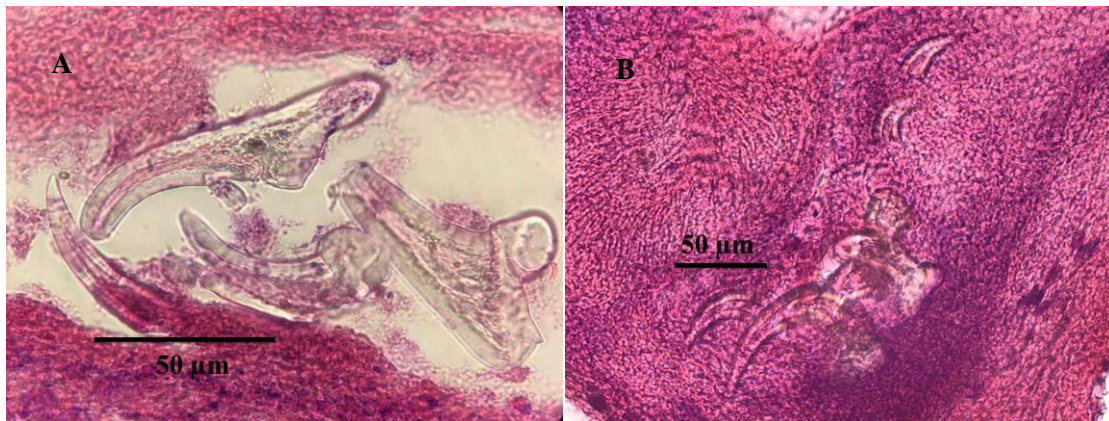
**Figura 1.** Mapa sobre la distribución de domicilios con cerdos positivos y negativos al ELISA para la detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina.



**Figura 2.** Mapa sobre la distribución de domicilios con los cestodos extraídos de necropsias de cerdos positivos al ELISA para la detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina.

### Especies de cestodos

Se evaginaron 105 metacestodos viables (líquido vesicular transparente y escólex visible) recolectados del músculo esquelético de los tres cerdos con mayor carga parasitaria (cerdos No. 24, 25 y 34). Los metacestodos fueron observados en un estereoscopio y microscopio (OLYMPUS BX41); en cada uno de ellos se observó un escólex formado por cuatro ventosas y un róstelo armado con doble corona de ganchos. De acuerdo a estas características todos los metacestodos fueron clasificados como *T. solium*. Dos metacestodos encontrados en dos cerdos (14 y 19); uno extraído de hígado y otro de pulmón, fueron procesados por histología. En ambos quistes se encontraron ganchos característicos de un cestodo. Únicamente se encontró un solo gancho (pequeño) completo y se obtuvieron las siguientes medidas ( $\mu\text{m}$ ): largo del gancho, 114; ancho del gancho, 47; largo del mango, 15; ancho del mango, 22; largo de la guarda, 21 y ancho de la guarda, 17. De acuerdo a estas características los quistes fueron clasificados como *Taenia* sp.



**Figura 3.** A) Ganchos de *Taenia* sp. encontrados en un quiste, extraído de hígado de cerdo. B) Ganchos de *Taenia* sp. encontrados en un quiste, extraído de pulmón de cerdo.

### Factores de riesgo de cisticercosis porcina

Se encontraron cerdos de traspatio y se realizaron consentimientos informados y cuestionarios en 41 de los 90 domicilios de la comunidad. La edad promedio de los cerdos estudiados fue de 15.08 meses, SD  $\pm$ 15.12, con un rango de edad de 3 a 54 meses. Las variables evaluadas, así como sus frecuencias y porcentajes se detallan en la tabla 3. En el análisis estadístico no se demostró asociación entre las variables evaluadas en el modelo bivariado con respecto al porcentaje de positivos a la prueba serológica; con excepción de los resultados de la palpación lingual (P=0.051) (para el modelo bivariado se incluyeron los cerdos sospechosos como positivos por este método), sobre esta variable, se obtuvo una razón de prevalencia de 3.185 (I.C.95%, 1.6-

Programa interdisciplinario en salud

8.75); lo cual nos indica que la prevalencia de la cisticercosis porcina es tres veces mayor en los cerdos con resultados de palpación lingual positiva, que en los cerdos negativos por este método. Los resultados de la prueba de Ji-cuadrada de acuerdo a cada una de las variables evaluadas se aprecian en la tabla 3.

**Tabla 3.** Resultados de análisis estadístico obtenidos del modelo bivariado de las variables de interés en relación con los cerdos de traspatio positivos a la prueba ELISA.

Variable	Categoría	Frecuencia	Porcentaje %	Prueba Chi <sup>2</sup>	Valor de P
Sexo	Macho	36	36.72	Corrección de continuidad	0.000
	Hembra	62	63.27		
Edad	3-6 meses	51	52.04	Pearson	0.208
	7-12 meses	20	20.41	Fisher	0.725
	Mayor a 12 meses	27	27.55	Corrección de continuidad	0.000
Origen	Local	83	84.69	Fisher	0.414
	Otro	15	15.31		
Confinamiento	Si	38	38.78	Pearson	0.980
	No	60	61.22		
Consumo de alimento	Maíz	98	100	No se calcularon estadísticos porque alimentación con maíz es una constante	
	Concentrado	9	9.18	Fisher	0.602
	Desperdicios	34	34.69	Corrección de continuidad	0.383
Búsqueda de alimento	Si	3	3.06	Fisher	0.351
	No	95	96.94		
Fuente de agua	Río	47	47.96	Pearson	0.208
	Pozo	15	15.31	Fisher	0.665
	Chorro	35	35.75	Corrección de continuidad	0.008
	Montaña	7	7.14	Fisher	1.000
Propósito del cerdo	Venta en pie	94	95.92	Fisher	1.000
	Venta en libra	8	8.16	Fisher	1.000
Antecedentes de cisticercosis	Si	21	21.43	Fisher	1.000
	No	77	78.57		
Presencia de letrina	Si	84	85.71	Fisher	1.000
	No	14	14.29		
Uso de letrina	Si	84	85.71	Fisher	1.000
	No	14	14.29		

#### 14. Análisis y discusión de resultados:

La prevalencia de la cisticercosis porcina reportada en este estudio (12.26% a la palpación lingual (incluyendo cerdos sospechosos) y 13.26% seroprevalencia) es similar a la reportada por García Noval et al. (1996) en el departamento de Jutiapa (14%). Sobre los resultados de los cerdos positivos al ELISA, se pudo comprobar el diagnóstico de *T. solium* en el 70% de los casos a través de la necropsia. Nuestros resultados evidenciaron la presencia del ciclo activo de *T. solium* en esta comunidad, aunado al hallazgo de cargas parasitarias muy altas en los cerdos No. 24, 25 y 34; particularmente la cerda No. 34, en la cual se encontraron más de 23,000 metacestodos viables de *T. solium*. La prevalencia y las cargas parasitarias encontradas nos permiten clasificar esta comunidad como un área endémica del complejo teniasis/cisticercosis en Guatemala. Es importante mencionar que, en ninguna de las comunidades del departamento de Zacapa, municipio de Gualán se han realizado estudios de prevalencia sobre este complejo, por lo tanto, este hallazgo es de suma importancia para la salud pública, no únicamente para el departamento de Zacapa, sino para toda la región de Oriente. Por esta razón, es imprescindible reportar al ministerio de salud nuestros resultados, para incluir al complejo teniasis cisticercosis en la agenda de salud, y realizar futuros estudios de prevalencia en la región de oriente, donde el elevado número de cerdos de traspatio (alrededor de 154 mil) (Espino, 2008), puede favorecer la persistencia de la enfermedad. Considerando que la vida promedio de un cerdo de traspatio es relativamente corta, en promedio de 12 a 18 meses, nuestros resultados son realmente valiosos como indicadores de la presencia y ciclo activo de *T. solium* como se ha demostrado en otros estudios (Sciutto et al., 1998).

El único caso comprobado por necropsia, en el que el resultado a la prueba de ELISA fue negativo y positivo a la palpación lingual fue en la cerda No. 56; los casos falsos negativos se podrían atribuir a la presencia de cisticercos degenerados o una carga parasitaria muy baja (Biondi et al., 1995), sin embargo, esta cerda presentó una carga alta de 120 metacestodos, y el resultado de ELISA se mantuvo cerca del punto de corte en tres ocasiones que la muestra fue procesada (densidad óptica de 0.52nm; punto de corte 0.57nm), es importante mencionar que los cisticercos observados en esta cerda se encontraron viables. Por consiguiente, es importante tomar en cuenta este tipo de resultados, y se debe tener cautela al realizar estudios de prevalencia en cerdos de traspatio naturalmente infectados, cuando se utiliza una prueba serológica. De preferencia es conveniente utilizar la necropsia como método confirmatorio o prueba de oro, siempre que se pueda, hasta que las pruebas inmunodiagnósticas para la detección de la cisticercosis porcina sean perfeccionadas en cuanto a su sensibilidad y principalmente su especificidad.

En cuanto a la distribución espacial de los cerdos positivos al ELISA con la ubicación geográfica de los domicilios en el área de estudios, claramente se puede observar un conglomerado de cerdos positivos al ELISA en el área el Barreto. Las cargas parasitarias más altas de los cerdos No. 24, 25 y 34 fueron encontradas en este conglomerado. Este resultado se puede atribuir a la

presencia de por lo menos una persona portadora de *T. solium* dentro de este conglomerado de domicilios. Por otro lado, cuatro cerdos positivos se encontraron a una distancia mayor de 0.5 km del conglomerado de domicilios con cerdos positivos, y sobre este resultado solo se puede especular la presencia de otras personas portadoras de *T. solium* fuera del área de conglomerado. Sin embargo, en estos cerdos se encontraron las cargas parasitarias más bajas. En este estudio las cargas parasitarias más altas se encontraron en cerdas de traspatio, como lo reportó Shonyela, et al. (2017); esto es atribuido al orden jerárquico de las cerdas en las piaras de cerdos, ya que es prioridad que las hembras de mayor edad se alimenten de primero que las hembras jóvenes y machos del grupo. El domicilio más alejado del conglomerado corresponde a una cerda positiva confirmada por necropsia, que se encontró en la aldea vecina de Cuchilla Tendida, se decidió incluir este resultado debido a la cercanía de esta comunidad con respecto al caserío Azacualpa. En esta cerda se observaron 120 metacestodos viables de *T. solium*, por lo que la aldea Cuchilla Tendida debe ser explorada para realizar un futuro estudio de prevalencia del complejo teniasis/cisticercosis. En cuanto a las especies de cestodos encontrados, morfológicamente se clasificaron *T. solium* y *Taenia* sp., ante el hallazgo de una posible especie de cestodo no identificada aún en el área, es fundamental realizar el análisis molecular para determinar si se trata de *T. hydatigena* (debido a la localización de los quistes; hígado y pulmones de cerdos) o bien si es una especie de *Taenia* causante de teniasis en el humano. Los ganchos encontrados morfológicamente son más similares a *T. solium*, pero hasta la fecha los metacestodos de *T. asiatica* son los que se conocen que infectan los hígados de los cerdos (Eom, 2006). Aún si se tratase de *T. hydatigena*, este hallazgo sería de gran importancia debido a los problemas que conlleva realizar estudios serológicos en cerdos infectados únicamente con *T. hydatigena* o coinfectados con *T. solium* y *T. hydatigena*, ya que por el momento no existe ninguna prueba serológica específica hacia *T. solium*, por reacciones cruzadas con *T. hydatigena* tanto en ELISA para la detección de anticuerpos como para detección de antígeno, por lo que ninguna prueba es altamente específica (García et al., 200) Por el momento, solo podemos especular la presencia de otro cestodo diferente a *T. solium*; y sobre la distribución espacial de estos cestodos, se puede observar que en el área de conglomerado de *T. solium*, también se observa un conglomerado de cerdos con coinfección, si se tratase de *T. hydatigena*, solo se puede atribuir a la presencia del ciclo en esta área de la comunidad, que implica al perro como hospedador definitivo de esta especie. Por lo que por el momento es fundamental realizar los estudios moleculares para discernir entre los cestodos encontrados.

En cuanto a las variables predictoras de la cisticercosis porcina, los resultados obtenidos en este estudio, tanto en el análisis descriptivo como estadístico son interesantes y en su mayoría no esperados. Como en otros estudios el número de cerdas de traspatio fue mayor al número de cerdos muestreados, esto obedece a que en la comunidad, una fuente de ingreso económico lo representa la ganancia de venta de lechones en pie para engorde. Debido a las condiciones de pobreza que prevalecen en la comunidad y a los hábitos y nivel de escolaridad de las personas, era de esperarse que más de la mitad de los cerdos no estuvieran confinados, sin embargo, bajo

esta condición, el 100% de los propietarios reportaron alimentar a sus cerdos principalmente con maíz. Fue sorprendente que la mayoría de los encuestados, reportaron tener letrinas en sus domicilios (aproximadamente el 85%), además en varias ocasiones esta información fue constatada por la observación de la letrina en el domicilio. Así mismo el mismo porcentaje de encuestados reportó utilizar las letrinas para defecar, sin embargo, lo anterior mencionado no es congruente con los hallazgos encontrados; una alta prevalencia y altas cargas parasitarias de *T. solium*. Cabe señalar que, durante los muestreos, en varias oportunidades se observaron heces fecales de personas en los trayectos de la comunidad, así mismo se observó el consumo de las mismas por los cerdos de traspatio. Considerando que, en el análisis estadístico del modelo bivariado, ninguna de las variables de interés resultó asociadas al porcentaje de cerdos positivos al ELISA, podemos afirmar que estos resultados se deben, a la abundante y frecuente presencia de heces fecales humanas en el ambiente. Esta es una situación preocupante considerando que no importa si los cerdos están confinados o no, si reciben alimento o no, e incluso si las personas poseen letrinas en sus domicilios o no; ya que la contaminación por heces fecales humanas es tan abundante, que los cerdos tendrán acceso para ingerirlas. Estos resultados con comparables con los de Acevedo-Nieto et al. (2017), quien no reporto asociación entre el confinamiento o no y la cisticercosis porcina, y con los de Kavishe, Mkupasi, komba y Ngowi, (2017), quien no encontró asociación entre la presencia o ausencia de letrina y la cisticercosis porcina, ambos estudios, en comunidades rurales con condiciones similares a las observadas en el caserío Azacualpa. Por consiguiente, podemos además atribuir que la presencia de heces fecales humanas en la comunidad es un problema de educación, probablemente ligado a razones culturales y hábitos de higiene. Por lo que es necesario implementar un programa de prevención y control, principalmente desde el punto de vista de la educación para el uso adecuado de letrinas y mejoramiento del saneamiento.

La única variable asociada al porcentaje de cerdos positivos al ELISA, resultó ser la palpación lingual. Sin embargo, debido al resultado obtenido (asociación significativa  $P=0.051$ ) no se puede recomendar este método como confiable y como una prueba confirmatoria para el diagnóstico de la cisticercosis porcina. En otros estudios se ha discutido ampliamente sobre las limitaciones de este método, principalmente por su baja sensibilidad (70%), ya que a través de este método se pueden detectar cerdos con cisticercosis porcina, cuando presentan cargas parasitarias muy altas, principalmente (Dorny et al., 2004). Sin embargo, dentro de las bondades de este método, se pueden mencionar su bajo costo para realizarlo y que no se necesitan facilidades de infraestructura y equipo complejo (Dorny et al., 2004) Por estas razones y siendo prácticamente el único método diagnóstico disponible en nuestro país para la detección de la cisticercosis porcina, es que se decidió incluir a los cerdos sospechosos a la palpación lingual, como positivos en el análisis bivariado, aun así, a pesar que el resultado demostró asociación, no fue un resultado que podemos considerar como de alta significancia estadística, por lo que recomendamos el uso de este método diagnóstico, para uso de las personas locales y compradores de cerdos; pero no

**Programa interdisciplinario en salud**

para la obtención de la prevalencia de la cisticercosis porcina, ni como método diagnóstico de elección por autoridades municipales y sanitarias.

## 15. Conclusiones

1. Se determinó el caserío Azacualpa como área endémica del complejo teniasis/cisticercosis, debido a la alta seroprevalencia de la cisticercosis porcina (13.26%), así como las altas cargas parasitarias de *T. solium* encontradas en los cerdos de traspatio.
2. Se determinó a *T. solium* y *Taenia* sp. a través del análisis morfológico, como cestodos causantes de la cisticercosis porcina, *T. solium* por la presencia de metacestodos en músculo esquelético, cardíaco y cerebro y *Taenia* sp., por la presencia de metacestodos en hígado y pulmón.
3. Según la distribución espacial de los domicilios con cerdos positivos al ELISA, se identificó un conglomerado de domicilios con cerdos confirmados por necropsia a *T. solium*. En este conglomerado se encontraron las cargas parasitarias más altas en los cerdos examinados y por lo tanto, se sospecha de la presencia de por lo menos un portador de *T. solium*, en esta área específica.
4. No se determinó asociación estadística entre las variables de interés (confinamiento y propósito del cerdo, alimentación del cerdo, presencia y uso de letrinas, entre otras), con el porcentaje de cerdos positivos al ELISA (detección de anticuerpos contra cisticercosis porcina), utilizando la prueba de Ji-cuadrada. Esto se puede atribuir a la frecuente y alta ingesta de materia fecal humana de los cerdos de traspatio en la comunidad de estudio. La única excepción fue la presencia de cerdos positivos a la palpación lingual ( $P=0.051$ ), sin embargo, debido a la baja asociación estadística, no se recomienda este método como confiable para estudios de prevalencia de la cisticercosis porcina.

## 16. Impacto esperado

Este proyecto evidenció una nueva área endémica del complejo teniasis/cisticercosis en Guatemala. Los resultados de esta investigación serán presentados a las autoridades del Ministerio de Salud y autoridades del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, con el fin de incluir otras áreas de Zacapa y de la región de Oriente en la investigación para la detección de nuevos focos de este complejo. Además, se realizará un vínculo con las autoridades municipales para implementar a futuro capacitaciones sobre el manejo de los cerdos e implementación de un programa de educación de control y prevención de *T. solium*. De esta forma la población de esta comunidad rural será beneficiada para evitar el contagio de esta

parasitosis y otras enfermedades infecto-contagiosas. Con la compra de la mayoría de los cerdos infectados se logró prevenir el consumo de estos cerdos y por ende el riesgo latente de nuevas infecciones por teniasis. La población del caserío Azacualpa adquirió nuevos conocimientos sobre este complejo y hubo una excelente aceptación en la realización del estudio. Por lo tanto, es factible realizar futuros estudios sobre la cisticercosis humana y teniasis en esta comunidad y estimar la prevalencia y factores de riesgo asociados. Se realizará una alianza con el Hospital Regional de Zacapa, para poder hacer más factible y accesible el diagnóstico de la NCC por imágenes médicas.

## 17. Referencias

- Bhattacharai, R., Carabin H., Proaño, J. V., Flores-Rivera, J., Corona, T., Flisser, A., Budke, C. M. (2015). Cost of neurocysticercosis patients treated in two referral hospitals in Mexico City, Mexico. *Tropical Medicine & International Health*, 20(8), 1108-19.
- Biondi, G., Mucciolo, R., Nunes, C., Richtzenhain. (1995). Immunodiagnosis of swine by cysticercosis by indirect ELISA employing a heterologous antigen from *Taenia crassiceps* metacestode, Brazil. *Veterinaria Parasitology* 64 (4), 261-266.
- Carpio, A., Escobar, A., & Hauser, W.A. (1998). Cysticercosis and epilepsy: A critical review. *Epilepsia*, 39, 1025-1040.
- Coral-Almeida, M., Gabriel, S., Abatih, E. N., Praet, N., Benitez, W., & Dorny, P. (2015) *Taenia solium* Human Cysticercosis: A Systematic Review of Sero-epidemiological Data from Endemic Zones around the World. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(7), e0003919.
- Darriba, D., Taboada, G. L., Doallo, R., & Posada, D. (2012). jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, 9, 772.
- De Aluja, A. S., Suárez-Marín, R., Sciutto-Conde, E., Morales-Soto, J., Martínez-Maya, J. J., & Villalobos, N. (2014). Evaluation of the impact of a control program against taeniasis-cysticercosis (*Taenia solium*). *Salud Pública de México*, 56(3), 259-265.
- Del Brutto, O.H. (2012). Neurocysticercosis: A review. *The Scientific World Journal*, 159821.
- Devleeschauwer, B., Aryal, A., Tharmalingam, J., Joshi, D. D., Rijal, S., Speybroeck, N., Gabriel, S., Victor, B. and Dorny, P. (2013). Complexities in using sentinel pigs to study *Taenia solium* transmission dynamics under field conditions. *Veterinary Parasitology*, 193, 172–178.



Programa interdisciplinario en salud

- Dorny, P., Phiri, I. K., Vercruyse, J., Gabriel, S., Willingham III, A. L., Brandt, J., Victor, B., Speybroeck, N., Berkvens, D., (2004). A Bayesian approach for estimating values for prevalence and diagnostic test characteristics of porcine cysticercosis. *International Journal of Parasitology*, 34, 569–76.
- Eom, K. S. (2006). What is Asian Taenia?. *Parasitology International*, 55, 137-141. doi:10.1016/j.parint.2005.11.022.
- Espino, R. (2008). *Caracterización de los subsistemas de producción de cerdo de traspatio en los municipios de La Unión, Gualán, Río Hondo, Estanzuela y Teculután, del departamento de Zacapa* (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Flecker, R. H., Pray, I. W., Santivañez, S. J., Ayvar, V., Gamboa, R., Muro, C., ... O'Neal S. E. (2017). Assessing Ultrasonography as a Diagnostic Tool for Porcine Cysticercosis. *Plos One Neglected Tropical Diseases*, 11(1), 1-10. doi.org/10.1371/journal.pntd.0005282
- Fleury, A., Beltran C., Ferrer, E., Garate T., Harrison L. J. S., Parkhouse, R. M. E., ... Sciutto E. (2003). Application of synthetic peptides to the diagnosis of neurocysticercosis. *Tropical Medicine & International Health*, 8, 1124-1130.
- Fleury, A., Bouteille, B., Garcia, E., Marquez, C., Preux, P. M., Escobedo, F., ... Dumas, M. (2001). Neurocysticercosis: Validity of ELISA after storage of whole blood and cerebrospinal fluid on paper. *Tropical Medicine & International Health*, 6, 688-693.
- Fleury, A., Cardenas, G., Adalid-Peralta, L., Fragoso, G. & Sciutto, E. (2016). Immunopathology in *Taenia solium* neurocysticercosis. *Parasite Immunology*, 38(3), 147-57.
- Fleury, A., Hernández, M., Avila, M., Cárdenas, G., Bobes, R. J., Huerta, M., ... Sciutto, E. (2007). Detection of HP10 antigen in serum for diagnosis and follow-up of subarachnoidal and intraventricular human neurocysticercosis. *Journal of Neurology Neurosurgery, and Psychiatry*, 78(9), 970-4.
- Flisser, A. (2013). State of the art of *Taenia solium* as compared to *Taenia asiatica*. *The Korean Journal of Parasitology*, 51(1), 43.
- Flisser, A., 2002. Epidemiological studies of taeniosis and cysticercosis in Latin America. In: Craig, P., Pawlowski, Z. (Eds.), *Cestode Zoonoses: Echinococcosis and Cysticercosis*. (Vol. 341, pp. 3-11). Amsterdam: IOS Press.
- Fragoso, G., Hernández, M., Cervantes-Torres, J., Ramírez-Aquino, R., Chapula, H., Villalobos, N., ... Sciutto, E. (2017). Transgenic papaya: A useful platform for oral vaccines. *Planta*, 245(5), 1037-1048. doi: 10.1007/s00425-017-2658-z.

**Programa interdisciplinario en salud**

- Garcia, H. H., Parkhouse, R. M. E., Gilman, R. H., Montenegro, T., Bernal, T., Martinez, S. M., ... The Cysticercosis Working Group in Peru (2000). Serum antigen detection in the diagnosis, treatment, and follow-up of neurocysticercosis patients. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 94, 673-676.
- Garcia-Noval, J., Allan, J. C., Fletes, C., Moreno, E., de Mata, F., Torres-Alvarez, R., ... Craig, P. S. (1996). Epidemiology of *Taenia solium* taeniasis and cysticercosis in two rural Guatemalan communities. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 55(3), 282-289.
- Hall, T. A. (1999). BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Haukisalmi, V., Lavikainen, A., Laaksonen, S., y Meri, S. (2011). *Taenia arctos* n. sp. (Cestoda: Cyclophyllidae: Taeniidae) from its definitive (brown bear *Ursus arctos* Linnaeus) and intermediate (moose/elk *Alces* spp.) hosts. *Systematic Parasitology*, 80(3), 217-230. doi:10.1007/s11230-011-9324-9.
- Huerta, M., de Aluja, A. S., Fragoso, G., Toledo, A., Villalobos, N., Hernández, M., ... Sciutto, E. (2001). Synthetic peptide vaccine against *Taenia solium* pig cysticercosis: Successful vaccination in a controlled field trial in rural Mexico. *Vaccine*, 20, 262-266.
- Ito, A., Plancarte, A., Ma, L., Kong, Y., Flisser, A., Cho, S.Y., ... Schantz, P.M. (1998). Novel antigens for neurocysticercosis: Simple method for preparation and evaluation for serodiagnosis. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 59, 291-294.
- Ito, A., & Budke, C. (2014). Culinary delights and travel? A review of zoonotic cestodiasis and metacestodiasis. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 12, 582-591.
- Lightowers, M. W., Garcia, H. H., Gauci, G., Donadeu, M., & Abela-Ridder B. (2016) Monitoring the outcomes of interventions against *Taenia solium*: Options and suggestions. *Parasite Immunology*, 38 (3), 158-169.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*, 193, 265-275.
- Marcin-Sierra, M., Arroyo, M., Cadena-Torres, M., Ramírez-Cruz, N., García-Hernández, F., Taboada, D., ... Fleury, A. (2017). Extraparenchymal neurocysticercosis: Demographic, clinicoradiological, and inflammatory features. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(6), e0005646.

**Programa interdisciplinario en salud**

- Michelet, L., Fleury, A., Sciuotto, E., Kendjo, E., Fragoso, G., Paris, L., Bouteille, B. (2011). Human neurocysticercosis: Comparison of different diagnostic tests using cerebrospinal fluid. *Journal of Clinical Microbiology*, 49(1), 195-200. doi: 10.1128/JCM.01554-10.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) & Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2014). *Programa de control y erradicación de la peste porcina clásica en Guatemala 2014-2015*. Guatemala: Autor.
- Morales, J., Martínez, J. J., Manoutcharian, K., Hernández, M., Fleury, A., Gevorkian, G., Acero, G., ... Sciuotto, E. (2008). Inexpensive anti-cysticercosis vaccine: S3Pvac expressed in heat inactivated M13 filamentous phage proves effective against naturally acquired *Taenia solium* porcine cysticercosis. *Vaccine*, 26(23), 2899-905. doi: 10.1016/j.vaccine.2008.03.042.
- Mutua, F. K., Dewey, C. E., Arimi, S. M., Schelling, E., & Ogara, W. O. (2011). Prediction of live body weight using length and girth measurements for pigs in rural Western Kenya. *Journal of Swine Health and Production*, 19(1), 26-33.
- Nakao, M., Okamoto, M. Y., Yamasaki, H., Nakaya, K., & Ito, A. (2002). A phylogenetic hypothesis for the distribution of two genotypes of the pig tapeworm *Taenia solium* worldwide. *Parasitology*, 124, 657-662.
- OIE/WHO/FAO (2005). *WHO/FAO/OIE guidelines for the surveillance, prevention and control of taeniasis/cysticercosis*. In Murrell KD (Ed.), Paris: Autor.
- Pawlowski, Z. (2002). *Taenia solium*: Basic biology and transmission. *Taenia solium cysticercosis: From basic to clinical sciences (pp. 1-14)*, In Singh G. & Prabhakar S. (Eds.), London, United Kingdom, CABI Publishing.
- Sato, M. O., Yamasaki, H., Sako Y., Nakao M., Plancarte A., Kassuku A. A., ... Ito, A. (2003). Evaluation of tongue inspection and serology for diagnosis of *Taenia solium* cysticercosis in swine: Usefulness of ELISA using purified glycoproteins and recombinant antigen. *Veterinary Parasitology*, 111, 309-322.
- Sciuotto, E., Fragoso G., Fleury, A., Laclette, J. P., Sotelo, J., de Aluja, A., ... Larralde, C. (2000). *Taenia solium* disease in humans and pigs: An ancient parasitosis disease rooted in developing countries and emerging as a major health problem of global dimensions. *Microbes and Infection*, 2, 1875- 1890.
- Sciuotto, E., Hernandez, M., Garcia, G., de Aluja, A. S., Villalobos, A. N. M., Rodarte, L. F., ... Harrison, L. (1998). Diagnosis of porcine cysticercosis: a comparative study of serological tests for detection of circulating antibody and viable parasites. *Veterinary Parasitology*, 78, 185-94.

Singhi, P., & Suthar, R. (2015). Neurocysticercosis. *Indian Journal of Pediatrics*, 82, 166–171.

Sistema de Información Gerencial de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2017). Base de datos de casos de teniasis y cisticercosis en la Republica de Guatemala. Guatemala: Autor.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology Evolution*, 30, 2725–2729.

Thompson, J. D., Higgins, D. G., & Gibson, T. J. (1994). CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22, 4673–4680.

Trevisan, C., Devleeschauwer, B., Schmidt, V., Winkler, A. S., Harrison, W., & Johansen, M. V. (2017) The societal cost of *Taenia solium* cysticercosis in Tanzania. *Acta Tropica*, 165, 141-154.

World Health Organization. (2016). *Taenia Solium* taeniasis/cysticercosis diagnostic tools. Report of a stakeholder meeting, Geneva, 17–18 December 2015. Recuperado de <http://www.finddx.org/wp-content/uploads/2016/06/Taenia-solium-Taeniasis-cysticercosis-diagnostic-tools.pdf>.

Yamasaki H., Allan J. C., Sato M. O., Nakao M., Sako Y., Nakaya K., ... Ito A. (2004). DNA differential diagnosis of taeniasis/cysticercosis by multiplex PCR. *Journal of Clinical Microbiology*, 42, 548-553.

**Listado de los integrantes del equipo de investigación**

**Contratados por contraparte y colaboradores**

Nombre	Firma
M.Sc. Roderico David Hernández Chea	
M.V. David Alejandro Baiza Molina	

**Contratados por la Dirección General de Investigación**

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
<b>Amanda Paola Morales Ramírez</b>	<b>Auxiliar de investigación II</b>	<b>20190477</b>	X		
<b>Roberto Antonio Mateo Delgado</b>	<b>Auxiliar de investigación I</b>	<b>20190435</b>	X		

Guatemala 18 de febrero de 2020

**M.Sc. Roderico David Hernández Chea**  
Coordinador de proyecto

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

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