

01683

1
24



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.

DINÁMICA DE TRANSMISIÓN DE LA TENIOSIS/ CISTICERCOSIS
(*Taenia solium*) EN UNA COMUNIDAD RURAL DEL ESTADO DE
GUERRERO, MÉXICO.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

PRESENTADA POR

MVZ MCV JOSÉ JUAN MARTÍNEZ MAYA

Comité Tutorial

MVZ Aline Schunemann de Aluja

Dr. Michael Gemmell

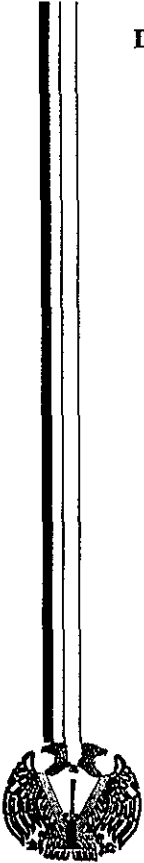
MVZ MSP Carlos J. Jaramillo A.

Dra. Ana Flisser

Dra Kaethe Willms

Dr Jesús Reynaga Obregón

Dr Danilo Méndez



México, DF

1999

i

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

275603



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PASINACION

DISCONTINUA.

El autor da consentimiento a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México para que la tesis esté disponible para cualquier tipo de reproducción e intercambio bibliotecario.

Jose Juan Martínez Maya

Dedicatoria.

A Miriam, por su apoyo y comprensión como amiga y esposa

A mi madre, por todo lo que ha hecho por mí, porque su trabajo como madre lo ha aplicado cada día con esmero.

A la memoria de mi padre, por que ha sido un ejemplo todos estos años.

A cada uno de mis hermanos, (dicen que la familia no se escoge, si yo la hubiera escogido no dudaría que seguirían siendo ellos), gracias por ser como son.

A mi familia, porque siempre disfruto de su apoyo.

A mis amigos y compañeros de la Facultad y especialmente a todo el personal de Medicina Preventiva. Pocos hombres pueden decir que disfrutan su trabajo, creo que yo lo disfruto gracias a la cordialidad de cada uno de los que integran este lugar.

Agradecimientos.

- A la Dra Aline S De Aluja. Por la paciencia y apoyo brindados
- Al MVZ MSP Carlos J Jaramillo por todo el apoyo brindado
- A las autoridades de la Secretaría de Salud del estado de Guerrero, México. Dr. Rufino Silva y Dr. Herón Delgado, por las facilidades brindadas y en especial a la enfermera de Tianquizolco Bertha Salgado por todo el apoyo brindado.
- A todos los habitantes de Tianquizolco, en particular al Sr. Luis Bailón, Sra. Paz Peña y Sra. Petra Salgado, así como a Edelmira Bailón y Guillermina Barrera.
- A la Dra. Imelda Hernández, y al MSc Vicente Martínez del Instituto de Ecología en Xalapa Veracruz, por el apoyo en el adiestramiento de la identificación taxonómica de insectos.
- A la Dra Ana Flisser, a la química Guillermina Avila, Al Dr. Agustín Plancarte, del Departamento de Parasitología de Facultad de Medicina y a la Dra. Edda Sciutto, del Instituto de Investigaciones Biomédicas por el apoyo en el análisis inmunológico.
- A la MVZ Ada Nelly Martínez Villalobos, por todo el apoyo brindado.
- Quiero expresar un agradecimiento especial al Dr Marco V. José ya que sin su apoyo no hubiera sido posible la construcción de los espacios fase del modelo matemático, así como al T en C Juan Román Bobadilla, del Instituto de Investigaciones Biomédicas.
- A mi comité tutorial, por la paciencia y orientación brindada.

Financiamiento: Este trabajo fue posible gracias al apoyo brindado por el CONACyt (Proyecto No 400310-5-1568)

RESUMEN.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la dinámica de transmisión de la teniosis/cisticercosis en una comunidad rural, para lo cual se buscó evaluar: A) La frecuencia de cisticercosis porcina mediante el hallazgo de metacestodos en lengua. B) La edad de primoinfección en cerdos de 2, 4 y 5 meses de edad, tanto en temporada de secas como de lluvias, así como su evaluación serológica para la detección de antígenos de cisticercos y anticuerpos anti-cisticercos C) El papel potencial de las moscas domésticas como vectores de *Taenia* sp mediante su identificación taxonómica y examen del aparato digestivo y de las extremidades y D) La frecuencia de teniosis/cisticercosis en población humana, por medio de la aplicación de una encuesta, así como la identificación de portadores de *T solium*, mediante la prueba diagnóstica de coproantígeno y de personas seropositivas a cisticercosis mediante inmunoelectrotransferencia (IET) E) Un modelo matemático que explica la dinámica de transmisión de la teniosis/cisticercosis. Dentro de los resultados se encontró que el 13.2% de los cerdos evaluados en lengua fueron positivos a la presencia del metacestodo, la edad de primoinfección varió significativamente en los cerdos nacidos según la época del año (lluvias y secas) ya que mientras que en la temporada de secas la infección se detectó a los 2 meses, durante la época de lluvias fue a los 5 meses ($P < 0.05$), No se encontró diferencia significativa entre la el número de metacestodos por edad ($P > 0.05$). Los resultados serológicos para la detección del antígeno HP10 y de anticuerpos contra cisticercosis en cerdos de hasta 5 meses de edad mostraron baja concordancia con respecto a los hallazgos de la necropsia, lo que implica una baja sensibilidad y especificidad tanto de ELISA que presentó un 58% de sensibilidad en cerdos de 4 a 6 meses y un 80% de especificidad en animales de 2 meses, como para IET con una sensibilidad del 56% y una especificidad del 75%. De las 1187 moscas evaluadas, el 99% fue *Musca domestica*, en ellas no se detectó la presencia de huevos de *Taenia* sp en el aparato digestivo ni en sus extremidades. Con respecto a la población humana, de 403

muestras de heces analizadas para la detección de antígenos de Taenia, 5 (1.2%) resultaron positivas. De 92 muestras de suero evaluadas, 3 fueron positivas (3.2%). Con la información analizada, se elaboró un modelo matemático, el cual consta de 3 ecuaciones diferenciales que explican en principio la carga parasitaria promedio de cada uno de los huéspedes, el modelo combina características estocásticas y determinísticas, además fue probado mediante ecuaciones que permiten calcular los espacios-fase, mismos que prueban la estabilidad del sistema. La teniosis/cisticercosis es una enfermedad de la cual se conocen las acciones necesarias para su prevención y control, dadas las condiciones particulares de las comunidades como son la falta de servicios sanitarios, de agua potable, drenaje, la inadecuada disposición de excretas en suelo y la forma de crianza de los cerdos, hace difícil la aplicación de las medidas necesarias para disminuir su prevalencia, por lo cual se sugiere considerar las condiciones específicas de la región afectada en la aplicación de programas de prevención y control. También se hace necesario investigar aspectos epidemiológicos que permitan afinar los parámetros para mejorar el modelo matemático, mismo que podría ser empleado para que a través de simulación puedan ser presentadas situaciones concretas bajo diferentes condiciones de prevención y control, evaluando los efectos específicos de cada una de ellas.

SUMMARY.

The objective of this work was to determine the dynamics of transmission of taeniosis/cisticercosis in a rural community in the state of Guerrero in Mexico. This study included: A) The frequency of swine cisticercosis by means of the inspection of the tongue. B) The primoinfection age in pigs at 2, 4 and 5 months of age, during both the dry and rainy season, as well as their serological evaluation for detection of cysticerci antigens and antibodies anti-cysticercis C) The potential role of domestic flies as vectors of *Taenia* sp by the taxonomic identification and exam of the guts and legs and D) The teniosis/cisticercosis frequency in human population by means of the application of a questionnaire, as well as the identification of carriers of *T solium* by the coproantigen test and seropositive people to cysticercosis by the immunoelectrotransfer assay (IET) and E) A mathematical model that explains the dynamic of transmission of the taeniosis/cysticercosis. Results found were as follow: 13.2% of the evaluated pigs tongue was positive to the presence of the metacestodes; the primoinfection age varied significantly in the pigs born according to the time of the year (rainy or dry season), in the dry season the infection was detected at 2 months and during the rainy season at 5 months ($P < 0.05$), No significant difference was found among the metacestodes number for age ($P < 0.05$). Serological results for the detection of the HP10 antigen and antibodies against cysticercis in pigs showed low agreement with regard to the autopsy, what implies a low sensibility and specificity of ELISA and IET. Of 1187 evaluated flies, 99% were of gender *Musca*; the presence of eggs of *Taenia* sp was not detected in their guts neither in its legs. From 403 samples of feaces analyzed for detection of antigens of *Taenia* in human population, 5 (1.2%) were positive; of 92 evaluated samples of sera, 3 were positive (3.2%). With the analyzed information a mathematical model was followed. The model combines stochastic and deterministic characteristic. The taeniosis/cisticercosis is serious illness and therefore actions for prevention and control need to be undertaken. These include to improve sanitary services, drinkable water, drainage, disposition of the feces and the management to raising pigs. All these

factors makes difficult the application of the necessary measures to decrease the prevalence. It becomes also necessary to follow epidemiological research that allow to study the parameters to improve the mathematical model, that can be employed so that through simulation concrete situations it can be presented under different conditions of prevention and control and evaluate specific effects of each one of them.

CONTENIDO

Introducción.....	1
Material y métodos.....	6
1. Selección de la comunidad de trabajo.....	6
1.1. Caracterización de la comunidad.....	6
2. Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina.....	7
3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos.....	7
3.1. Evaluación serológica de la cisticercosis porcina.....	8
4. Determinación del papel de las moscas como vectores de <i>T. solium</i>	9
4.1. Captura e identificación taxonómica de las moscas.....	9
4.2. Búsqueda de huevos de <i>Taenia</i> en aparato digestivo de moscas.....	9
4.3. Búsqueda de huevos de <i>Taenia</i> en patas de moscas.....	10
5. Evaluación de la enfermedad en humanos.....	10
5.1. Determinación de antígenos de <i>Taenia</i>	11
5.2. Detección de anticuerpos contra cisticercosis.....	11
5.3. Identificación de factores de riesgo.....	12
6. Elaboración de un modelo matemático.....	12
Resultados.....	13
1. Características de la comunidad seleccionada.....	13
2. Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina.....	16
3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos.....	16
3.1. Evaluación serológica de la cisticercosis porcina.....	17
4. Determinación del papel de las moscas como vectores de <i>T. solium</i>	18
4.1. Clasificación de las moscas capturadas.....	18
4.2. Presencia de huevos de <i>T. solium</i> en el aparato digestivo.....	18
4.3. Evaluación de las patas de mosca.....	18
5. Evaluación de la enfermedad en población humana.....	19

5.1. Determinación de antígenos de <i>T. solium</i>	19
5.2. Detección de anticuerpos anti- cisticercos.	19
6. Modelo matemático.....	19
6.1. Determinación del número de parásitos por huésped.....	19
6.2. Evaluación de los espacios- fase del modelo matemático.....	21
6.3. Cálculo de R0.....	22
Discusión.....	24
1. Características de la comunidad seleccionada.....	24
2. Determinación de la frecuencia de cisticercosis porcina	27
3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos.....	29
3.1. Evaluación serológica de los cerdos.....	32
4. Determinación del papel de las moscas como vectores de <i>T. solium</i>	35
5. Evaluación de la enfermedad en población humana.....	37
5.1. Determinación de antígenos de <i>T. solium</i>	37
5.1.1 Factores de riesgo de teniosis.....	40
5.1.1.1. Hábitos higiénicos.....	40
5.1.1.2. Consumo de carne de cerdo con cisticercos.....	40
5.1.1.3. Consumo de productos elaborados con carne de cerdo.....	41
5.2. Determinación de anticuerpos contra cisticercos.....	41
5.2.1. Factores de riesgo de cisticercosis.....	42
6. Modelo matemático.....	43
Conclusiones.....	46
Literatura citada.....	49
Cuadros.....	62
Figuras.....	86
Anexos.....	110

Lista de cuadros

Título	Página
Cuadro 1. Características de viviendas en relación con algunos servicios y tenencia de cerdos. Tianquizolco, Guerrero, México.	63
Cuadro 2. Principales especies domésticas. Tianquizolco, Guerrero México.	64
Cuadro 3. Tipo de alojamiento de cerdos. Tianquizolco, Guerrero, México. 1996.	65
Cuadro 4. Frecuencia de cerdos positivos a metacestodos de <i>T. solium</i> por edad. Tianquizolco, Guerrero, México.	66
Cuadro 5. Frecuencia de cerdos con cisticercos según edad y temporada del año. Tianquizolco, Guerrero, México.	67
Cuadro 6. Número de metacestodos de <i>Taenia solium</i> según edad en cerdos de 2 a 6 meses sacrificados en diferentes épocas del año. Tianquizolco, Guerrero, México.	68
Cuadro 7. Número y estado de los metacestodos de <i>T. solium</i> en cerdos y su relación con los resultados de ELISA para la detección de anticuerpos totales y del antígeno HP10, así como para la prueba de EIT. Tianquizolco, Guerrero, México.	69
Cuadro 8. Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 2 a 6 meses. Tianquizolco, Guerrero, México.	70
Cuadro 9. Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 2 meses, procedentes de Tianquizolco, Guerrero, México.	71

Cuadro 10. Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 4 meses. Tianquizolco, Guerrero, México.	72
Cuadro 11. Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 5-6 meses con cisticercos vesiculares. Tianquizolco, Guerrero, México.	73
Cuadro 12. Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET para la detección de anticuerpos en sueros de cerdos de 2 a 6 meses, con cisticercos vesiculares. Tianquizolco, Guerrero, México.	74
Cuadro 13. Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET para la detección de anticuerpos en sueros de cerdos de 2 meses, con cisticercos vesiculares. Tianquizolco, Guerrero, México.	75
Cuadro 14. Características de ELISA para la detección del antígeno HP10, en cerdos de acuerdo a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro. México	76
Cuadro 15. Características de ELISA para la detección de anticuerpos, en cerdos de acuerdo a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro. México.	77
Cuadro 16. Características de IET para la detección de anticuerpos en cerdos de acuerdo a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro. México.	78
Cuadro 17. Relación de moscas capturadas y revisadas en el aparato digestivo, para la identificación de huevos de <i>Taenia</i> sp. Tianquizolco, Guerrero, México.	79
Cuadro 18. Relación de muestras de heces obtenidas para el	

diagnóstico de <i>Taenia</i> en humanos, por edad y sexo. Tianquizolco, Guerrero, México.	80
Cuadro 19. Relación de muestras totales y positivas por sexo para el diagnóstico de <i>Taenia</i> sp por medio de coproantígeno. Tianquizolco, Guerrero, México.	81
Cuadro 20. Relación de positivos a <i>Taenia</i> con respecto a sexo y tenencia de cerdos y letrinas, mediante la prueba de coproantígeno. Tianquizolco, Guerrero, México	82
Cuadro 21. Relación de personas evaluadas para la detección de anticuerpos anti cisticercos en suero mediante la prueba de IET, Tianquizolco, Guerrero, México.	83
Cuadro 22. Presencia de anticuerpos anti-cisticerco en personas de acuerdo a la presencia de un portador de <i>Taenia solium</i> dentro del seno familiar, Tianquizolco, Guerrero, México.	84
Cuadro 23. Parámetros del modelo matemático de teniosis/cisticercosis.	85

Lista de figuras.

Título	Página
Figura 1. Ubicación de la comunidad rural de Tianquizolco, Guerrero, México.	87
Figura 2. Croquis de la comunidad y ubicación de sitios de referencia	88
Figura 3. Figura 3. Inoculación experimental de huevos de <i>Taenia saginata</i> en un aparato digestivo de <i>Musca domestica</i> . x 20	89
Figura 4. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico.	90
Figura 5 Ubicación de cerdos con cisticercos identificados mediante palpación en lengua Tianquizolco, Guerrero. México.	91
Figura 6. Ubicación de cerdos positivos durante la temporada de secas. Tianquizolco, Guerrero, México.	92
Figura 7. Ubicación de cerdos positivos a cisticercosis durante la temporada de lluvias. Tianquizolco, Gro, Méx.	93
Figura 8. Ubicación de zonas de capturas de moscas. Tianquizolco, Gro. Méx.	94
Figura 9. Localización de casos positivos a coproantígeno, para la detección de teniosis. Tianquizolco, Guerrero, México.	95
Figura 10. Localización de seropositivos a cisticercos mediante IET. Tianquizolco, Gro, Méx	96
Figura 11. Ubicación de personas y cerdos positivos de acuerdo al diagnóstico de teniosis o cisticercosis. Tianquizolco. Gro. México.	97
Figura 12. Modelo epidemiológico de la teniosis-.cisticercosis	98

Figura 13. Intensidad media de carga parasitaria en los diferentes huéspedes de <i>Taenia solium</i> .	99
Figura 14. Relación entre los espacios-fase de las variables propuestas en el modelo de teniosis-cisticercosis.	100
Figura 15. Niño defecando sobre una calle de la comunidad.	101
Figura 16. Acceso a un baño, ubicado en la parte posterior de una vivienda, no cuenta con drenaje ni agua potable	102
Figura 17. Vista posterior de un baño, el cual desemboca a un patio, sitio donde permanecen los cerdos.	103
Figura 18. Alimentación de cerdos con una cubeta de maíz frente a la casa del dueño.	104
Figura 19. Sacrificio de un cerdo por parte de personas de la propia comunidad, sin inspección veterinaria.	105
Figura 20. Grupo de cerdos descansando durante las horas de mayor insolación.	106
Figura 21. Cerdo consumiendo materia fecal, pocos minutos después de su eliminación.	107
Figura 22. Interior del “baño” de la figura 15, con un cerdo en espera para consumir heces.	108
Figura 23. Moscas sobre heces de origen humano	109

INTRODUCCION

La teniosis-cisticercosis producida por *Taenia solium*, es una ciclozoonosis, causante de teniosis en el humano y cisticercosis en éste y en el cerdo (1,22).

La enfermedad requiere de 2 huéspedes: el ser humano y el cerdo, los cuales fungen como definitivo e intermediario respectivamente, en el primero también se desarrolla el metacestodo o cisticerco, que si bien no representa un eslabón en la transmisión, por su patología constituye un problema grave de salud pública (1,9,15,22,35,37,83).

La enfermedad está ampliamente distribuida a escala mundial en países en vías de desarrollo (27), donde se consume carne de cerdo, en cambio en países desarrollados ha sido controlada (75,104).

En México su frecuencia es alta (1,9,35,104), datos sobre la frecuencia de cisticercosis humana en hospitales indican que la enfermedad es una de las principales causas de afecciones neurológicas (35,118). Durante 1986 fueron hospitalizadas 2700 personas por este tipo de padecimientos neurológicos (35), se estima que del 4 al 9% de éstos pueden ser atribuidos a la neurocisticercosis (100,104).

Para la detección de cisticercosis, se han desarrollado diversas técnicas, que buscan determinar anticuerpos o incluso antígenos, entre las que destacan por su sensibilidad y especificidad el ELISA y la inmunoelectrottransferencia (IET) (33,71,79,116).

En México, durante 1974 Woodhouse y colaboradores analizaron 18,417 muestras de suero humano mediante la técnica de inmunoelectroforesis, determinando una prevalencia del 1% de anticuerpos anticisticerco, con marcadas diferencias por entidad federativa (119). En otra encuesta también en México, realizada por la Secretaría de Salud a finales de la década de 1980 y validada estadísticamente (112), Larralde y colaboradores (1992) encontraron el 1.2% de positividad en 66,754 sueros

humanos, mediante hemoaglutinación indirecta e IET, siendo Baja California Sur el estado con menor porcentaje de positividad (0.06%) y Guerrero el de mayor porcentaje de positivos (2,9%) (70).

La cisticercosis en cerdos es una enfermedad endémica en México (2,3,8), con una frecuencia notificada en mataderos de 0.004 a 12% durante los últimos 10 años. Este porcentaje puede ser mayor, si se considera que el 35% de la producción porcina es sacrificada sin la inspección sanitaria requerida (8), en comunidades donde no cuentan con matadero y carecen de la infraestructura sanitaria, lo cual favorece las condiciones para la continuidad del ciclo biológico (8,70,83).

Al nivel de campo la búsqueda de cisticercos en lengua de cerdos es una técnica diagnóstica común, aunque no es muy confiable por su baja sensibilidad, lo que implica la posibilidad de diagnosticar falsos negativos (84). Por lo que no es sencillo determinar la prevalencia real, incluso se señala que la búsqueda convencional del metacestodo en músculos durante la inspección sanitaria no ofrece un diagnóstico definitivo (20).

La cisticercosis humana y porcina son resultado del consumo de huevos de *Taenia* mientras que la teniosis se origina al consumir el metacestodo en carne de cerdo (1); Se ha señalado que las condiciones en las que se realiza la transmisión de huevos o metacestodos se favorecen por la exposición a ciertos factores de riesgo tales como: la convivencia con un portador de *T. solium*, el bajo nivel económico de los individuos o comunidades, una inadecuada higiene personal, falta de letrinas y carencia de drenaje, ausencia de agua potable y pavimento, y la coprofagia en cerdos (26,70,99,100,101,102).

La transmisión de huevos de *Taenia* sp. puede ser directa o indirecta, en esta última se ha señalado la posibilidad de difusión a través de agua, suelo, artrópodos y viento, aunque no siempre ha sido posible comprobar su presencia (48,51,72).

Dentro de los artrópodos, los dípteros y en particular las moscas, han sido asociadas a una gran variedad de enfermedades (52,60,89,113).

En Nueva Zelanda se ha demostrado la capacidad de las moscas para transportar

huevos de *Taenia* sp en su superficie y en algunos casos en su aparato digestivo con una elevada capacidad de difusión (72,73). Informes de diferentes investigadores señalan que las moscas son capaces de moverse de 8 a 70 km. en 2 horas (59,91); a pesar de ello no se conoce nada con relación a su posible transmisión de huevos de *Taenia solium* y se desconoce en nuestro medio las especies de moscas que pudiesen estar involucradas.

Díaz en Perú (1992) y Keilbach (1996) en el estado de Guerrero, México, no lograron encontrar huevos de *Taenia* en muestras de suelo de comunidades endémicas (26,68), mientras que en Sinaloa Díaz y colaboradores (1991) los encontraron en una de 15 muestras (24). Se ha señalado que otra posibilidad de transmisión es por medio de vegetales regados con aguas negras, sin embargo por lo menos Spindola y colaboradores (1996) no lograron encontrar huevos de *Taenia* en fresas cultivadas con esta agua (111)

La dinámica poblacional de los cestodos está estrechamente vinculada a factores inherentes al parásito, al huésped y al ambiente, la interacción de esta triada permite la continuidad del ciclo biológico.

Dentro del agente, la presión de infección es básica en la transmisión de la *Taenia*, y está determinada por la cantidad de huevos en el medio y la probabilidad de ser ingeridos por un huésped susceptible para que se desarrolle el siguiente estadio (96). Gemmell (1986) estima que la proporción de huevos que se transforman a metacestodos es de 7.1% y 0.74% para *T. hydatigena* y *T. ovis* respectivamente (49); para lograr esto el huevo debe ser maduro e infectante, lo cual depende del tiempo que ha sido expuesto al medio ambiente y el grado de daño que éste le haya causado (50). Lawson y colaboradores (1988), por su parte han realizado estudios para determinar la capacidad de sobrevivencia de huevos de *Taenia* sp. y han demostrado que puede sobrevivir hasta 300 días bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad (3-5° C y 89-94% de humedad relativa), sin embargo a temperaturas de 37-39°C viven poco más de una semana (73).

La probabilidad de infección en la población susceptible es mayor si la presión se

ejerce con gran cantidad de huevos que contaminen el medio. Al respecto, Mackiewicz (1988) señala que una de las estrategias de transmisión de los cestodos es su potencial reproductivo (74), lo cual resulta lógico al considerar que algunas especies como *T. solium* eliminan hasta 50,000 huevos por proglótido, aunque no todos son maduros (74).

La presión de infección es mayor en lugares donde el fecalismo ambiental es común y la dispersión de los huevos por diversos mecanismos puede jugar un papel importante (47,48).

En el huésped intermediario, se ha observado que la inmunidad contra los metacestodos de algunas tenias se genera después de una exposición, incluso sin el establecimiento del parásito, sobre todo si se ingieren huevos muertos o dañados (50). Un indicador que permite evaluar la dinámica de una población es el índice reproductivo, a este respecto Gemmell (1990) informa que el índice reproductivo del parásito (R_0) depende de la esperanza media de vida del huésped y de la edad promedio en la cual la inmunidad del huésped es adquirida (51). Así mismo señala que si la presión de la infección permanece constante durante el tiempo de vida del huésped, el grado de endemicidad en una región puede ser evaluado, por lo tanto, un incremento lineal en la infección indica que la inmunidad no es constante y se puede considerar a la enfermedad como endémica, paradójicamente, si la curva de infección presenta una disminución en la tasa de infección, puede suponerse un estadio hiperendémico, en el que la inmunidad derivada de la continua exposición disminuye la probabilidad de reinfecciones durante la vida del huésped (51), esta situación ha sido evaluada en otras teniosis pero no para *T. solium*.

Roberts y colaboradores (1987) han propuesto un modelo para explicar el ciclo de vida de *T. hydatigena* y *T. ovis* a través de una ecuación integro-diferencial, la cual involucra diversas variables obtenidas de situaciones particulares en Nueva Zelanda (96).

A pesar de la información existente sobre las teniosis en general, son relativamente pocos los trabajos que se han ocupado de la epidemiología de la teniosis/cisticercosis

por *T. solium*.

En México se desconocen aspectos que pudieran explicar la dinámica de transmisión en cerdos y el papel que juegan vectores o vehículos como moscas o aves. Si bien se reconoce que la convivencia con un portador de *T. solium* es un factor de riesgo para la adquisición de cisticercosis (101), no siempre se analizan las condiciones propias de las comunidades afectadas.

Por lo anterior y dado que la enfermedad es endémica en México, es necesario evaluar aspectos relevantes que permitan explicar la dinámica de transmisión de la teniosis/cisticercosis por *T. solium*, con el fin de comprender su epidemiología, lo cual permitirá elaborar modelos matemáticos no sólo para predecir situaciones relacionadas con este padecimiento, sino también para generar y proponer medidas de control viables ante condiciones reales.

Objetivos generales.

Determinar la dinámica de transmisión de la teniosis-cisticercosis en una comunidad rural del estado de Guerrero, México.

Formular un modelo matemático de predicción de la enfermedad para la región de estudio.

Objetivos específicos.

1. Buscar y seleccionar una comunidad endémica de la enfermedad (teniosis-cisticercosis por *T. solium*)
2. Determinar la frecuencia de cisticercosis porcina, por medio de su hallazgo en lengua de cerdos de la comunidad. .
3. Establecer la edad de primoinfección en cerdos.
4. Evaluar el papel de los dípteros y en particular de las moscas intradomiciliarias con respecto a su la posibilidad de transmisión de *Taenia* sp,
5. Evaluar la enfermedad en la población humana.
6. Elaborar un modelo matemático, que explique la intensidad media de infección, así como la relación de espacio - fase en la interacción de los huéspedes afectados.

MATERIAL Y MÉTODOS.

1. Selección de la comunidad de trabajo.

El trabajo se realizó de 1994 a 1996 en la comunidad rural de Tianquizolco, perteneciente al municipio de Cuetzala del Progreso en el estado de Guerrero. Este poblado tiene 892 habitantes los cuales viven en 182 viviendas (63).

La comunidad se localiza a 70 km. al sudoeste de la ciudad de Iguala, Guerrero, México, sus coordenadas son: 18°08' latitud norte y 99°50' de longitud oeste, una altitud de 1120 metros sobre el nivel del mar (figura 1) y un clima caliente subhúmedo, mismo que se caracteriza por presentar 2 estaciones bien definidas, una seca que comprende los meses de noviembre a mayo y una lluviosa que abarca de junio a octubre, en promedio se registra una precipitación pluvial de 1129 mm anuales.

Para la selección de la comunidad se tomaron en cuenta los siguientes factores:

*La entidad federativa, ya que según la encuesta serológica nacional realizada en 1989, Guerrero fue el lugar con mayor proporción de seropositivos (3%) (70).

* Los cerdos deambulan libremente durante el día y permanecen dentro o cerca de las viviendas de noche.

* La presencia de cisticercosis porcina, según informes del personal de salud.

* Carencia de servicios, ya que no existe drenaje ni agua potable, además, en la mayor parte de las viviendas no es común el uso de letrinas.

* La presencia de un centro de salud, en el cual se pudieron desarrollar parte de las actividades de investigación.

* La comunidad estuviera de acuerdo

1.1. Caracterización de la comunidad.

Se elaboró un croquis de la comunidad (figura 2), y mediante una encuesta se

obtuvo información para conocer algunas características de la población en relación con sus servicios, como por ejemplo, disponibilidad de agua potable, drenaje y uso de letrinas, presencia de cerdos y tipo de alimentación de éstos y de las personas.

2. Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina.

Tipo de estudio: Prospectivo, transversal, descriptivo y observacional.

Unidades de observación: Los cerdos de la comunidad.

Criterios de inclusión: Todos los cerdos nacidos en la comunidad, de diferentes edades cuyos propietarios accedieron a la revisión de la lengua, que se realizó mediante la palpación de la lengua, para lo cual se solicitó la anuencia de los dueños. Con ésta información se obtuvo la frecuencia de la enfermedad como un estimador de prevalencia, así como la ubicación de los cerdos positivos.

Mediante el cuestionario y observación personal se identificaron algunas variables como: hábitos de los cerdos de la comunidad, en particular los relacionados con su alimentación, lugar de alojamiento en el domicilio y su movilización.

3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos

Tipo de estudio: Prospectivo, comparativo, observacional y longitudinal.

Unidades de observación: Cerdos de diferentes edades. Metacestodos de *Taenia solium* en cerdos sacrificados.

Criterios de inclusión: Cerdos de 2, 4 y 5 meses de edad, nacidos dentro de la comunidad.

El estudio se realizó mediante la compra, sacrificio humanitario e inspección de 52 cerdos de 2 a 6 meses de edad, 24 en la temporada de lluvias (10 de 2 meses, 8 de 4 meses y 6 de 5 meses) y 28 durante la época de secas (10 de 2 meses, 8 de 4 meses 8 de 5 meses y 2 de 6 meses), todos los cerdos evaluados en cada temporada nacieron al inicio de la misma, el mismo mes con \pm 15 días de diferencia y se evaluaron a las

diferentes edades señaladas.

Aunque en un inicio se determinó tomar un tamaño mínimo de muestra para la selección de lechones (32,114), esto no fue posible ya que la compra y sacrificio dependió de la voluntad de los propietarios para vender sus animales.

Los cerdos fueron sacrificados humanitariamente por medio de una pistola de perno cautivo. Inmediatamente después se realizó la necropsia a fin de buscar cisticercos, mediante la disección de todos los músculos, hígado, pulmones y cerebro, para lo cual se realizaron cortes de aproximadamente 0.5 cm de grosor en los tejidos mencionados.

Las muestras positivas o sospechosas de la presencia de metacestodos fueron conservadas en formol al 10 % para su posterior examen histológico (10) mediante fijación en parafina y tinción con hematoxilina eosina (43).

Con el fin de establecer variaciones estacionales en la infección, tanto en la incidencia como la presión de infección, se realizaron 2 veces estas evaluaciones; una de cerdos nacidos durante el periodo de lluvias (junio a octubre de 1994) y otra en aquellos nacidos en tiempo de secas (diciembre de 1994 a abril de 1995).

3.1. Evaluación serológica de la cisticercosis porcina.

De 42 de los cerdos sacrificados (10 de 2 meses, 16 de 4 meses, 14 de 5 meses y 2 de 6 meses) se obtuvieron aproximadamente 10 ml de sangre de la vena yugular, la que una vez coagulada, se centrifugó a 3000 rpm durante 5 minutos para la obtención del suero el que fue transportado a la ciudad de México en refrigeración a 4° C durante al menos 5 horas, posteriormente fue mantenido en congelación a -20° C hasta su procesamiento. Las muestras de suero fueron evaluadas mediante ELISA para la detección de anticuerpos, según describe Sciutto y colaboradores (1998) (107) y de antígenos mediante el anticuerpo monoclonal HP10, según describe Harrison (1989) (58). La técnica de IET se empleó para la detección de anticuerpos de acuerdo a lo señalado por Tsang y colaboradores (1989) (116).

4. Determinación del papel de las moscas como posibles vectores de *Taenia solium*.

Tipo de estudio: Prospectivo, longitudinal, observacional, comparativo.

Unidades de observación: Moscas capturadas dentro de viviendas, aparato digestivo de moscas, extremidades de moscas.

Criterios de inclusión: Se buscó la captura de moscas asociadas a la actividad humana, es decir, dentro de las viviendas, sobre todo en sitios donde se manejan alimentos (cocinas), ya que la posible presencia de moscas como vectores de huevos de *Taenia sp* en éstos sitios implicaría una mayor probabilidad de transmisión a la población humana.

4.1. Captura e identificación taxonómica de las moscas.

De noviembre de 1994 a agosto de 1995 se capturaron 1,187 moscas dentro de diferentes viviendas de la comunidad, para este propósito se buscó la colaboración de la población, solicitando la captura dentro de sus casas y en particular en cocinas; las capturas se efectuaron a las 7, 12 y 16 horas. Inicialmente la colección de las moscas se realizó mediante trampas de malla fina (31), sin embargo el bajo número obtenido mediante esta forma determinó que la captura se efectuara mediante redes entomológicas con un diámetro del aro de la red de aproximadamente 10 cm. Las moscas capturadas se sacrificaron con cloroformo y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se realizó la clasificación taxonómica inmediata, para lo cual se emplearon claves de clasificación específicas para dípteros americanos, y se determinó la familia y el género (78,89).

4.2. Búsqueda de huevos de *Taenia* en aparato digestivo de moscas.

En las moscas clasificadas se buscaron huevos de *Taenia sp* en el tracto digestivo, para lo cual se les realizó una separación de la probósida y un corte a

nivel del ano, mediante tracción de este último se obtuvo el aparato digestivo. Cada aparato digestivo se colocó distendido en un portaobjetos con solución de Ringer, para permitir su adherencia al vidrio se eliminó el exceso de líquido con papel filtro, después fue sumergido en solución de Carnoy como fijador (43), permaneciendo en éste durante 24 horas, después se aclararon los tejidos mediante un pase en alcohol (96%) durante 15 minutos, dos pases en alcohol absoluto durante 15 minutos cada uno, y dos pases en tolueno durante 15 minutos cada uno con el fin de volverlo transparente, finalmente fueron montados con resina sintética.

A fin de contar con un control positivo, se inocularon huevos de *Taenia saginata* en 2 intestinos de mosca doméstica, posteriormente se secó el líquido de Ringer y fueron procesados como se describió previamente (figura 3).

Las muestras fueron revisadas en microscopio óptico a aumentos de 4x y 10 x, en aquellas partes donde pudiera haber duda sobre la presencia del parásito a 40 x.

4.3. Búsqueda de huevos de *Taenia* en patas de moscas.

De las moscas capturadas se separaron las extremidades, las cuales fueron colocadas en 4 ml de solución de Ringer en grupos de 24 patas (4 moscas), se mezclaron agitándolas por aproximadamente 10 segundos, posteriormente se filtró el líquido con patas a través de un tamiz de malla fina. El filtrado se centrifugó a 2,500 rpm durante un minuto, se eliminó el líquido y con el sedimento se procedió de acuerdo con la técnica de Faust (9).

5. Evaluación de la enfermedad en humanos.

Tipo de estudio: Prospectivo, transversal, descriptivo, observacional.

Unidades de observación: Heces de personas

Criterios de inclusión: Todas aquellas personas que consintieran participar, considerando que sus cerdos hubieran tenido cisticercosis durante el último año, que

sospechen o tengan la seguridad de haber consumido carne de cerdo con cisticercosis o hayan visto o creído haber visto proglótidos en las heces.

5.1. Determinación de antígenos de *Taenia*.

Dada la baja prevalencia de esta parasitosis señalada por diversos autores, se buscó identificar a los portadores mediante un muestreo intencionado (77,114), para el que se colectaron muestras de heces de seres humanos.

Con el fin de favorecer la participación de la población se realizaron pláticas relacionadas con la enfermedad, dirigidas a los niños de la primaria, así como a hermanos mayores y padres. Además, durante el tiempo del muestreo se elaboraron y pegaron carteles alusivos a la enfermedad en el centro de salud, la escuela y tiendas de abarrotes. Posteriormente se colectaron las muestras para lo cual se efectuó un recorrido en toda la población, es decir, mediante la visita casa por casa, para convencer a los habitantes de practicarse un examen para la detección de la "solitaria".

Las muestras fueron colectadas en frascos, de ellas se tomó aproximadamente 1 g, el cual fue cambiado a viales, mismos que fueron mantenidos en congelación en el pueblo a -2°C, durante su transporte a la ciudad de México se mantuvieron en refrigeración a 4°C, para su posterior congelación a -20°C hasta su procesamiento, el cual consistió en la realización de la técnica de coproantígeno según describe Allan y colaboradores (1990,1992,1996) (4,5,7).

A las personas positivas, se les dió tratamiento con Niclosamida (2g dosis única) como desparasitante, después de 4 a 6 horas, se les dió sulfato de magnesio como laxante. Con este tratamiento se buscó además de eliminar el parásito adulto poder obtenerlo, cuando esto fue posible se conservó en formol al 10% para su posterior clasificación taxonómica.

5.2. Detección de anticuerpos contra cisticercos.

Considerando que un factor de riesgo reconocido para la cisticercosis es la

convivencia con un portador de *Taenia solium* (101), de personas que resultaron positivas a la prueba de coproantígenos se tomó una muestra de sangre de aproximadamente 5 ml, así como a aquellos individuos que vivían en el mismo domicilio, además, se constituyó un grupo testigo, el cual estuvo conformado por personas cuyo resultado en coproantígenos fue negativo, tanto para ellos como para los que habitaban la misma vivienda. Una vez coagulada la sangre, las muestras obtenidas se centrifugaron a 3,000 g x 5 minutos, obteniendo el suero, el cual se conservó en refrigeración durante su transporte y se mantuvo a -20° C hasta su procesamiento. El análisis de las muestras se realizó mediante la técnica de IET según describen Tsang y colaboradores (1989) (116).

5.3 Identificación de factores de riesgo.

Se efectuó una encuesta entre la población, con el propósito de determinar la situación de la teniosis/cisticercosis en población humana, considerando aspectos como: tenencia de letrinas, hábitos higiénicos y determinar si la gente conoce al metacestodo (por fotografía), así como su disposición para cooperar permitiendo la obtención de muestras sanguíneas y de heces.

6. Elaboración del modelo matemático.

6.1 Con la información obtenida se elaboró un modelo matemático basado en la metodología descrita por Thrusfield (1990) (114), así como en los modelos propuestos por Gemmell (1990) (51) Martín (1987) (77), Anderson (1985) (12) y José (1989) (64); el modelo es de tipo determinístico y explica la dinámica de transmisión al indicar la carga parasitaria en los diferentes huéspedes del complejo teniosis/cisticercosis, considerando diversas variables.

6.2 Además, con el modelo propuesto, se calcularon los espacios-fases de las ecuaciones, mismos que permiten comprobar la estabilidad del sistema propuesto.

6.3. Con la información anterior se calculó el valor de R_0 (índice reproductivo).

RESULTADOS

1.1. Características de la comunidad seleccionada.

La encuesta se aplicó en 146 de las 184 viviendas existentes, en ellas se observó un promedio de 6 habitantes por vivienda, con un rango de 2 a 13, además se obtuvo la siguiente información:

1.1.1. Agua. El 100% de las viviendas carece de agua potable. El agua destinada para la población humana se obtiene durante la época de secas de un pequeño ojo de agua, así como de otras 2 pilas donde se colecta agua de lluvia y que fueron construidas durante los últimos 3 años para este fin, estas construcciones son mantenidas sin protección del ambiente, lo que permite la contaminación y desarrollo de algas y fauna (figura 4).

Según algunos habitantes de la comunidad, el agua es consumida directamente en esas condiciones, sin una previa ebullición ni cloración, aunque cabe aclarar que esta última actividad se realiza por parte de las autoridades de salud dentro de los pozos de abastecimiento de agua, sobre todo durante la época de lluvias, esta acción fue el resultado de la incidencia de casos de cólera en la población humana observados durante 1994 y 1995 en los pueblos vecinos de Chilacachapa y Apetlanca respectivamente

Si bien durante la época de lluvias la disponibilidad de agua es ilimitada, ya que por cualquier rincón brota y se mantienen pequeños arroyos que atraviesan por diversas partes la comunidad, esta situación cambia radicalmente en la época de secas.

Durante los últimos dos o tres meses de la temporada de secas que abarcan de abril a junio, el abasto de éste líquido es racionado, limitando su distribución a un bote de 20-25 litros por habitante al día.

Con respecto al agua para consumo de los animales, ésta se obtiene durante la temporada de lluvias de los mismos arroyos que corren por la comunidad, lo que conlleva a su contaminación, incluso se observaron personas que bebían directamente de esa agua.

Durante la época de secas, los animales obtienen su agua de una pequeña laguna artificial, localizada a aproximadamente 1 kilómetro de la población. Esta área se destina para el ganado, aunque en otro tiempo se pensó implementarla para la pesca, ya que se cultivaron tilapias, mismas que no eran aprovechadas.

Aunque en algunos casos, la gente cuenta con cisternas de agua que se usan precisamente durante la época de secas, no se pudo identificar quienes tienen estas construcciones en sus casas, sin embargo aparentemente son pocos.

1.1.2. Pavimento. La construcción de este servicio fue una actividad que se desarrolló dentro de la comunidad en los últimos 3 años, al inicio de la investigación sólo la calle principal contaba con ésta condición, al final aproximadamente del 40 al 50% de las calles estaban pavimentadas.

1.1.3. Letrinas. Según la encuesta, en 105 viviendas no se cuenta con letrina (71.9 %) (Cuadro 1), sin embargo de las 41 supuestas "letrinas" sólo en 6 se constató que tenían fosa séptica. En algunos casos solo consistían en un cuarto de adobe, en el cual había una piedra con un orificio en el centro que servía como retrete, permitiendo que los desechos salgan al patio, donde frecuentemente se encontraba un cerdo en espera de consumir las excretas.

1.1.4. Drenaje. En 142 viviendas (97.2%) se indicó la carencia de drenaje, solo 4 personas señalaron que poseen este servicio, aún así los desechos líquidos dan a la calle o a algún lugar de su patio. En los casos en los que se cuenta con letrinas con fosa séptica algunos propietarios señalaron que se presentan problemas donde en época de lluvias es común que el suelo presenten filtraciones, lo que origina la salida de agua a la superficie, este hecho además de la incomodidad que representa para los usuarios, implica un riesgo de infecciones y agrava la contaminación de las aguas superficiales.

1.1.5. Tenencia de cerdos,

La principal especie de mamíferos domésticos criados en la comunidad es el cerdo, ya que en 99 viviendas (67.8 %) se criaban un total de 508 cerdos; aunque hay una mayor proporción de propietarios con perros, el número de éstos es inferior al de cerdos (Cuadros 1 y 2). Sólo 17 de los criadores de cerdos (17.2%) mantienen confinados a 56 animales (11%), el resto mantiene a sus animales deambulando libremente (Cuadro 3).

1.1.6. Alimentación de los cerdos

Si bien todos los propietarios de cerdos mencionaron que el maíz es el principal alimento que se le daba, la mayor parte de su dieta es buscada por los mismos animales durante el día, e incluye las excretas de personas, ya que es común que las áreas destinadas como "sanitarios" dentro de los domicilios están diseñados para que los cerdos tengan acceso directo a los desechos. Otros alimentos observados fueron excretas de otros animales, las cuales fueron aparentemente menos apetecibles, así como diversas plantas no identificadas que están más disponibles durante la época de lluvias.

2. Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina

Mediante inspección ocular directa y palpación se revisó la lengua a 151 cerdos de la comunidad, de los cuales 20 (13.2 %) resultaron positivos a la presencia de cisticercos (figura 5).

3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos.

De los 52 cerdos sacrificados, 16 machos y 36 hembras de 2, 4, 5 y 6 meses de edad y evaluados mediante necropsia, 17 (32%) resultaron positivos a la presencia del metacestodo.

La localización de los metacestodos en los cerdos sacrificados fue principalmente en hígado para los animales de 2 meses, músculos en los mayores de 2 y sólo en un caso se encontró en cerebro en un cerdo de 6 meses (cuadro 4).

Al relacionar la edad con la frecuencia de positivos, se observó un incremento global (ambas épocas) y la razón de momios (OR) también se incrementó, es decir, a mayor edad mayor proporción de afectados, siendo mayor a los 5 y 6 meses, sin embargo no se encontró una tendencia estadísticamente significativa mediante la prueba de chi cuadrada para tendencia ($P > 0.05$) (cuadro 4).

Con respecto a la presencia de cisticercos entre los cerdos sacrificados en la temporada de lluvias en comparación con secas, no se encontró diferencia significativa entre la proporción de cerdos afectados por grupo de edad, pero si fue significativa ($P < 0.05$) la diferencia entre la frecuencia de infección de manera global entre las 2 temporadas del año; destaca el hecho de que mientras durante la época de lluvias se detectaron metacestodos hasta los 5 meses, durante la temporada de secas se encontraron a los 2 meses (Cuadro 5) (figuras 6 y 7).

Con relación al número de parásitos encontrados, si bien se incrementó en cerdos de mayor edad, la cantidad de cisticercos fue relativamente baja (mediana 3), es decir que el 50% de los cerdos tuvo 3 o menos parásitos, sólo en uno de los 2 cerdos de 6 meses se obtuvieron 88 metacestodos, de los cisticercos encontrados no todos fueron

vesiculares ya que algunos presentaron diferentes grados de degeneración (Cuadro 6).

Un hallazgo adicional durante este estudio fue que los cerdos sacrificados entre los 2 y 6 meses tienen un peso promedio inferior al que se esperaría a esa misma edad en condiciones diferentes de crianza, ya que a los 6 meses el peso fue de aproximadamente 10 kg, mientras que en una granja tecnificada debe ser de por lo menos 60 o 70 kg.

3.1. Evaluación serológica de la cisticercosis porcina.

De 42 muestras de suero de cerdos de 2 a 6 meses, evaluadas mediante ELISA para la detección de antígenos, 21 (50%) resultaron positivas, mientras que 13 (31 %) lo fueron para la detección de anticuerpos (Cuadro 7).

La concordancia entre los resultados de serología y la necropsia, considerando a ésta última como la “prueba de oro”, indicó que el ELISA para la detección de antígenos presentó una sensibilidad del 47% y una especificidad del 48% mientras que para la detección de anticuerpos la sensibilidad fue del 41%, y la especificidad del 76%. La concordancia entre ambas pruebas no fue significativa ($P= 0.7532$ y 0.237) (Cuadro 8).

Con relación a ELISA para la detección del anticuerpo monoclonal para la detección del antígeno HP10 empleada para la evaluación de los cerdos de 2, de 4 y de 5 a 6 meses, las pruebas no presentaron una concordancia significativa, el mejor de los casos se presentó con los cerdos de 4 meses ($P=0.25$) (cuadros 9,10,11)

Al hacer la misma comparación con respecto a ELISA para la detección de anticuerpos totales para cada grupo de cerdos, se encontró que en los de 2 meses la sensibilidad fue de 0% y la especificidad del 80%, un aspecto que destaca es que los resultados de ELISA tuvieron mejor concordancia al aumentar la edad, ya que para los 5-6 meses fue casi significativa ($P= 0.07$) (Cuadros 11,12,13).

Con respecto a la prueba IET utilizada en 40 de los 42 sueros (en 2 no se realizó la prueba porque la cantidad de suero fue insuficiente) se determinó una

sensibilidad del 56.2% y una especificidad del 75%. Destaca un valor predictivo positivo de apenas el 60%, a pesar de los resultados, la concordancia entre necropsia y la prueba de IET fue significativa (Kappa = 0.315 P= 0.0455), destaca el hecho que a los 5-6 meses la relación entre ambas pruebas fue altamente significativa (P= 0.007) (Cuadros 12,13).

Al comparar ELISA (ambas) e IET tomando en cuenta como positivos a los cerdos que presentaron cisticercos vesiculares, o cuya relación de cisticercos vesiculares contra cisticercos caseosos y negativos fue de 1:1 o más se observó de manera general una mejor eficiencia de las pruebas, sobre todo para ELISA para anticuerpos totales e IET (cuadros 14,15,16).

4. Determinación del papel de las moscas como vectores de *T. solium*

4.1. Clasificación de las moscas evaluadas

Durante el periodo de estudio se capturaron e identificaron 1,187 moscas del orden *Diptera*, suborden *Cyclorrapha*, familia *Muscidae* y *Calliphoridae*. en diferentes lugares dentro de la comunidad (figura 8), de las cuales 1,174 (98.9%) fueron *Musca doméstica*, el resto pertenecen a otros géneros (Cuadro 17).

4.2. Presencia de huevos de *T. solium* en el aparato digestivo de las moscas.

Del total de moscas revisadas, en ningún caso se encontraron huevos de *Taenia sp.* ni de ningún otro parásito

4.3. Evaluación de las patas de mosca, como vehículos de huevos de *Taenia sp.*

Se revisaron 1,080 extremidades de moscas, en ellas no encontraron huevos de *T. solium* ni de otros parásitos.

5. Evaluación de la enfermedad en población humana.

5.1. Determinación de antígenos de *T. solium*.

De las 403 muestras de heces analizadas, 234 (58.06%) fueron de mujeres y 169 de hombres (41.9%) (Cuadro 18). Del total de las muestras, 5 (1.2%) resultaron positivas a la prueba de coproantígenos (figuras 9,11), de ellas 2 fueron hombres y 3 mujeres (cuadro 19).

Las edades de las personas estudiadas fluctuaron de menos de 1 año a 80 años, destaca el hecho de que el 50.62% pertenecieron a menores de 19 años (cuadro 19).

De las 5 personas positivas, sólo en 2 fue posible obtener el cestodo adulto, el cual se clasificó como *T. solium*, en los otros 3 se aplicó el tratamiento, pero no se encontró al cestodo (cuadro 20).

5.2. Detección de anticuerpos anti-cisticercos.

De las 92 personas evaluadas mediante IET, 3 (3.2%) resultaron positivas, 2 mujeres y 1 hombre y 2 sospechosas, de los positivos las edades fueron de 14, 73 y 77 años, es relevante el hecho de que 2 de los positivos y 1 sospechoso también lo fueron al examen de coproantígeno (cuadro 21, figuras 10, 11).

De las 92 muestras de suero, 17 (18.47%) correspondieron a personas que convivían en la misma vivienda con los positivos a coproantígenos (incluyéndolos), en este grupo se encontraron 2 (11.8%) positivos (Fisher = 0.086), razón de momios de 9.87 (Cuadro 22). Es relevante el hecho de que 2 de los positivos a coproantígenos también resultaron positivos a serología. La figura 11 resume la localización de personas y cerdos positivos.

6. Modelo matemático.

6.1. Determinación del número de parásitos por huésped

El modelo epidemiológico (figura 12) se explica mediante la construcción de un modelo matemático, el cual está constituido por 3 ecuaciones diferenciales,

desarrolladas por el Dr José MV (*) cada una se conforma por 2 partes, la primera reúne las variables que favorecen la transmisión, es decir son factores positivos, la segunda parte corresponde a aquellas variables que limitan su desarrollo, su resultado explica en principio la carga parasitaria o intensidad media de infección (figura 13) así, y de acuerdo al huésped afectado, se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

a) La enfermedad en el huésped definitivo (teniosis)

$$\frac{dM1}{dt} = \beta_1 D_1 H_2 M_2 - (b_1 + \mu_1 + \alpha_1) M_1 - \alpha_1 (k_1 + 1) M_1^2 / k_1$$

b) La enfermedad en el huésped intermediario (cisticercosis)

$$\frac{dM2}{dt} = \frac{\beta_2 D_2 \lambda H_1 M_1}{\mu_2 + \beta_2 H_2 + \beta_3 H_3} - (\mu_3 + b_2 + \alpha_2 + \beta_1 H_1) M_2 - \alpha_2 (k_2 + 1) \mu_2^2 / k_2$$

c) La enfermedad en el huésped intermediario accidental (hombre, cisticercosis)

$$\frac{dM3}{dt} = \frac{\beta_3 D_3 \lambda H_1}{\mu_2 + \beta_2 H_2 + \beta_3 H_3} - M_3 - (\mu_4 + b_1 + \alpha_3) M^3$$

Donde:

k_1 = Grado de agregación de la tenia

k_2 = Grado de agregación del cisticerco (en cerdo)

β_1 = Coeficiente de transmisión de la infección por *Taenia*

β_2 = Coeficiente de transmisión de la infección del cerdo con cisticercosis

β_3 = Coeficiente de transmisión de la infección del humano con cisticercosis

D_1 = Periodo prepatogénico del huésped definitivo

D_2 = Periodo de madurez del cisticerco en el cerdo

D_3 = Periodo prepatogénico del humano con cisticercosis

(*) No publicadas

- H_1 = Proporción de teniosicos en la población
- H_2 = Proporción de cerdos con cisticercosis
- H_3 = Proporción de humanos con cisticercosis
- α_1 = Severidad de la dependencia de la densidad (*Taenia*)
- α_2 = Severidad de la dependencia de la densidad (cerdos)
- α_3 = Severidad de la dependencia de la densidad (humanos)
- μ_1 = mortalidad de la tenia dentro del huésped
- μ_2 = mortalidad de los huevos de tenia en el ambiente
- μ_3 = mortalidad de los cisticercos en el cerdo
- b_1 = tasa de mortalidad del humano
- b_2 = tasa de mortalidad del cerdo

Los valores de los estimadores se obtuvieron tanto de los resultados de la presente investigación, como de datos publicados por otros autores (Cuadro 23), su solución se obtuvo mediante el uso del sistema de Rungue-Kuta para ecuaciones diferenciales. Resalta el hecho de que el modelo se ajusta en principio a la situación real observada, sobre todo en lo relacionado con la teniosis ya que se obtiene una carga promedio de un parásito por huésped, para la cisticercosis porcina se obtiene un valor estimado de aproximadamente 95 parásitos y para la cisticercosis humana se calcula un número de cisticercos de 40.

6.2. Evaluación de los espacios- fases del modelo matemático

Con base en las ecuaciones obtenidas del modelo matemático, se despejaron para la obtención los espacios fases, es decir, de la relación entre 2 de las variables involucradas (figura 14)

a) Relación espacio fase *Taenia* - cerdo.

$$M1 = \frac{(\mu_2 + B_2 H_2 + B_3 H_3)}{B_2 D_2 \lambda H_1} [(\mu_3 + b_2 + \alpha_2 + B_1 H_1) M_2 + \alpha_2 \frac{(k_2+1)}{k_2} M_2^2]$$

b) Relación espacio fase cerdo-*Taenia*

$$M1 = \frac{-(b_1 + \mu_1 + \alpha_1) + \sqrt{(b_1 + \mu_1 + \alpha_1)^2 + 4 \alpha_1 (k+1/k) B_1 D_1 H_2 M_2}}{2 ((\alpha_1 (k+1)/k)}$$

c) Relación espacio fase *Taenia* - humano

$$M1 = \frac{(\mu_2 + B_2 H_2 + B_3 H_3) (\mu_4 + b_1 + \alpha_3) M_3}{B_3 D_3 \lambda H_1}$$

d) Relación espacio fase cisticercosis humana y cisticercosis porcina

$$M3 = \frac{B3 D3}{B2 D2} (\mu_3 + b_2 + \alpha_2, B_1 H_1) M_2 + \alpha_2 \frac{(k_2+1)}{k_2} M_2$$

Sobresale el hecho de que las líneas resultado de las ecuaciones se intersectan en diferentes puntos, esto implica que matemáticamente se comprueba la estabilidad del sistema, sobresalen las intersecciones cercanas a las coordenadas de origen, porque son las que involucran la interacción entre los 3 organismos involucrados (*Taenia*, hombre y cerdo)

6.3. Cálculo de R0.

Con los valores estimados se calculó R0 mediante la siguiente ecuación:

$$R0 = \frac{\lambda * H_1 * H_2 * B_1 * B_2 * D_1 * D_2}{(\mu_3 + b_2 + \alpha_2 + B_1 H_1)(\mu_2 + B_2 H_2 + B_3 H_3) (b_1 + \mu_1 + \alpha_1)}$$

Además, se plantea la siguiente ecuación para explicar la prevalencia de la infección.

$$W = 1 - (1 + m/k)^{-k}$$

donde: W = Probabilidad de que tantos miembros de la población tengan uno o más gusanos.

m = Número promedio de gusanos por huésped

k = relación densidad dependencia o grado de agregación

Considerando esta ecuación se determina que el grado de agregación del parásito que considerando la prevalencia estimada durante el presente estudio el resultado ser entre 0.03 para teniosis y 0.15 para cisticercosis, lo cual indica que la parasitosis es altamente agregada, ya que valores calculados menores a 1 implican un fuerte grado de agregación (12) es decir, es mantenida por un grupo muy pequeño de personas dentro de la población.

DISCUSIÓN.

1. Características de la comunidad seleccionada.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la comunidad de Tianquizolco, Gro presenta condiciones que permiten la continuidad de la enfermedad, sobre todo si se considera que coexisten factores sanitarios y culturales como son la crianza de cerdos en forma semiextensiva que propician la transmisión, no sólo de este padecimiento, sino también de otras enfermedades.

Entre las condiciones sanitarias que propician la continuidad del ciclo en la comunidad destacan:

1.1. Disponibilidad de agua.

La cantidad de agua disponible por habitante en la comunidad, sobre todo en temporada de secas hace difícil que una persona tenga suficiente agua para beber y que pueda realizar todas sus actividades de higiene, y alimentación, ésta cantidad esta por debajo de la recomendada por la Organización Mundial de la Salud, la cual para satisfacer las necesidades mínimas debe haber 47 a 130 litros persona/día (76).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (108), dentro de las actividades propuestas para la prevención y control de la teniosis/cisticercosis, está precisamente la dotación de agua potable para el lavado de manos después de ir al baño y antes de preparar alimentos o de comer, lavar frutas y verduras, situación difícil de establecer bajo las condiciones descritas en la comunidad.

1.2 Pavimento.

Las calles siguen siendo áreas donde defecan diversos animales, sobre todo bovinos, cerdos y perros, aparentemente no es un sitio común de fecalismo

humano, toda vez que no es sobre las calles principales (salvo el caso de infantes) (Figura 15) donde las personas realizan esta actividad, la falta de este servicio favorece una inadecuada higiene y la posibilidad de eliminar las excretas depositadas.

1.3. Existencia de letrinas y drenaje.

El hecho de que el 71.9% de los habitantes manifestaron no contar con letrinas es un estimador que permite dar idea de la magnitud del fecalismo ambiental por parte de las personas en la comunidad. Este porcentaje seguramente es mayor, ya que en algunos casos en los que se afirmaba la existencia de este servicio en los hogares (al mejorar la confianza con los habitantes), cuando algunos nos permitieron ver esas "letrinas" se descubrió que en realidad no lo eran, ya que sólo era un cuarto con un sanitario de piedra, sin fosa séptica, por lo que las excretas desembocaban en el patio, donde generalmente había un cerdo esperando consumirlas (Figuras 16,17). Este hallazgo resulta de importancia si se considera que ha sido a través de encuestas como se determina la existencia o ausencia de este servicio en las comunidades, los resultados obtenidos se evalúan para conocer si es un factor de riesgo para la existencia de cisticercosis, lo cual se ha encontrado como no significativo para la transmisión de la enfermedad (101,102).

Con base en lo anterior y de acuerdo con los resultados de la encuesta, así como por las observaciones personales realizadas, las condiciones que prevalecen en la comunidad, permiten la continuidad de la teniosis-cisticercosis y coinciden con lo informado por Larralde y colaboradores (1992) (70) en la encuesta serológica de 1991 en México, donde se encontró mayor riesgo en sitios donde la disposición de excretas y la calidad del agua es deficiente. De hecho aún en condiciones con diferentes grados de urbanización la enfermedad esta presente, como señalan Díaz y colaboradores (1992) (26).

1.4. Crianza de cerdos.

El hecho de que los cerdos son la especie doméstica de mamíferos más numerosa en la comunidad, incluso aún más que los perros que son una especie muy estimada como compañía por los campesinos durante las labores del campo, se debe a que en Guerrero y en particular en la comunidad estudiada, la carne que se consume más comúnmente es la de cerdo y de pollo. El cerdo representa una forma de poder disponer de recursos en cualquier momento, por lo que mucha gente los cría con el objeto de tener carne para consumo y en su caso para obtener dinero, esto último es concebido por la población como un “ahorro” en donde aparentemente no hay inversión o dicho de otra forma, es una ganancia que aparentemente sale de la “nada”.

Aún cuando la mortalidad de los cerdos es alta, destaca que no hay investigaciones que determinen sus causas y consecuentemente evalúen la dinámica de las poblaciones porcinas de traspatio. Con frecuencia se asumen indicadores de producción basados en la crianza intensiva, estos datos no son comparables sobre todo si se toma en cuenta que por lo menos en esta comunidad, durante la etapa de desarrollo de los cerdos (1 a 6 meses), la ganancia de peso fue muy pobre (cerdos de 5 meses con promedio de peso de 15 kg). por lo que según los habitantes la vida promedio de éstos animales es de 2 años o más.

Bajo estas condiciones, el cerdo que logra desarrollarse representa dinero para sus dueños, sin prácticamente ninguna inversión, incluso la gente siente que aún cuando un cerdo resulte con cisticercosis y el comprador le pague un tercio o menos, sigue percibiendo una ganancia.

Es obvio que si bien un dueño de cerdos prefiere que sus animales no resulten parasitados, el mantenerlos confinados todo el día, de acuerdo con la propuesta para el control de la parasitosis (108), con el fin de evitar que se expongan al riesgo de contraer cisticercos, implica tener que alimentarlos, lo cual representa

un costo demasiado alto para asumirlo. Para entender la situación anterior, es necesario considerar que el sistema de producción agropecuaria en ésta comunidad es principalmente de autoconsumo; el maíz y la calabaza son los principales cultivos, la cosecha de maíz sirve sobre todo para atender las necesidades primarias de la familia y una pequeña cantidad es destinada diariamente para alimentar a los cerdos, o más bien, para acostumbrar a los cerdos a rondar la casa, durante las mañanas y tardes. La cantidad de maíz proporcionada a los cerdos no sobrepasa una cubeta, independientemente del número de cerdos estos (figura 18).

Otra razón por la cual la población cría cerdos es para venderlos, razón por la cual, 1 o 2 veces a la semana pasa una camioneta comprando cerdos, si el comprador detecta cisticercos en lengua, paga aproximadamente un tercio de su precio.

El cerdo forma parte de la alimentación obligada en fiestas populares o familiares, dentro de ellas tiene gran importancia en los llamados “compromisos” nombre que se le da a las reuniones como: cumpleaños, velorios, casamientos, bautizos, y uno en particular llamado “cabo de año” el cual se realiza al año de haber fallecido un ser querido. En estos “compromisos”, la familia no puede eludir esa responsabilidad ante sus vecinos y amigos, ofreciendo una comida, la que generalmente es carne de cerdo, la que es tradicionalmente preparada en mole, tamales o en algún otro guiso típico, además de su procesamiento en chorizo.

2. Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina

El 13% de cerdos detectados con cisticercos en lengua, es un indicador de la prevalencia que guarda la enfermedad en la comunidad, adquiere relevancia si se considera que este estimador es mayor a los obtenidos en mataderos de México, ya que en ellos las frecuencias notificadas van de menos del 1 hasta el 12% (8), e incluso de frecuencias obtenidas en trabajos realizados en comunidades rurales en varios

estados de México, por ejemplo, Sarti y colaboradores (1992) informan de un 4% (101) y 2.6% (102) en dos comunidades de Morelos, México. Por otra parte, lo encontrado en el presente estudio coincide con lo mencionado por Aluja y colaboradores (1987) en cerdos de granjas con cisticercosis procedentes de diversas comunidades del Estado de México, quienes señalan una frecuencia del 6 al 20% (9) y por García y colaboradores (1996) quienes hallaron un 14% de cerdos afectados en 2 comunidades de Guatemala (42). Otros investigadores encontraron frecuencias mayores a las del presente estudio, por ejemplo González y colaboradores en 1975 en Perú determinaron un 23% (56) y Onah en Nigeria en 1995 informa una frecuencia del 20% (84).

Tomando en cuenta el 13% encontrado en el presente trabajo es posible estimar lo que realmente sucede en la población a través del cálculo de la prevalencia real (11,77), si se considera que de acuerdo con Plancarte y colaboradores (1994) la sensibilidad y especificidad de la detección de cisticercosis mediante inspección de lengua tiene 60% y 99% respectivamente (88), la prevalencia real debe ser de aproximadamente el 20%. Resalta el hecho que en los cerdos sacrificados de 2 a 5 meses, los porcentajes de reactores positivos fueron aún mayores (25 a 35%).

Si bien se observa un incremento en la frecuencia de cisticercosis por edad, no fue posible demostrar una tendencia positiva de la infección con respecto a esta variable, lo que seguramente es debido al bajo número de muestras obtenidas. Un aspecto importante es que en todos éstos animales se observó una baja carga parasitaria (solo uno de 6 meses tuvo 88 metacestodos).

La diferencia entre la frecuencia de la enfermedad encontrada en la comunidad de estudio (13%) y lo notificado en diversos mataderos (menos del 2% durante las últimas dos décadas) (2,3,8), evidencia que los rastros son una fuente confiable solo como indicador de la frecuencia para un sistema de vigilancia epidemiológica, dan idea de la prevalencia pero sus resultados presentan sesgo.

Algunos autores toman los resultados de la frecuencia de decomiso por cisticercosis como la prevalencia de una zona determinada (9,100), manejando como

numerador el total de cerdos con cisticercos y como denominador el total de animales sacrificados. Esta interpretación no es correcta ya que se no es posible hacer inferencias cuando se desconoce la población de origen, además, los animales sacrificados en rastro no representan a la población de donde proceden, ni siquiera a los animales con la edad aproximada de sacrificio, aunado a lo anterior, si se tiene en cuenta que un alto porcentaje de los cerdos con mayor riesgo de tener cisticercosis no son sacrificados en rastros o si lo son no siempre se realiza una inspección minuciosa.

Entre las razones por las cuales los cerdos con cisticercos no llegan a los mataderos se pueden identificar:

El hallazgo de cisticercos mediante la revisión de la lengua de los cerdos durante la compra de los animales y el consecuente sacrificio “clandestino”. Si son cerdos para el autoconsumo, sacrificados en la propia comunidad, es poco factible el sacrificio bajo inspección veterinaria porque no se dispone de esta infraestructura y enviarlo a donde si lo hay implicaría mayores costos, además el animal sacrificado generalmente es consumido el mismo día y en muchas de esas comunidades no hay veterinario para que realice la inspección. La falta de servicio veterinario indica que no siempre es correcto hablar de “sacrificio clandestino” al referirse a la matanza fuera de los rastros, ya que el sacrificio de los cerdos en el pueblo de estudio y en otros de la región es una actividad propia de una persona del pueblo, el cual desempeña su trabajo ante el conocimiento de toda la población, incluso tiene la obligación de informar a la autoridad cada vez que va a sacrificar un cerdo (figura 19). La identificación y sensibilización de estas personas podría ser un elemento clave para mejorar el sistema de vigilancia, situación que no es contemplada en la Norma Oficial Mexicana (108).

3. Determinación de la edad de primoinfección en cerdos.

Un indicador de que el contacto de los cerdos con el cestodo ocurre a temprana edad es el hecho de que en cerdos desde los 2 meses de edad se hayan encontrado metacestodos de *Taenia solium*. El bajo número de parásitos encontrados por animal

en el presente trabajo puede ser debido a que si bien existe contacto con la tenia desde antes de los 2 meses, el contacto con el parásito es mínimo o existe una inmunidad efectiva que no permite una infección más severa, sobre todo si se considera el poco número de parásitos encontrados así como el hecho de que muchos de ellos estaban en proceso degenerativo.

Rickard y colaboradores (1974,1977,1977^a) encontraron que a través del calostro de ovejas y vacas sus crías podían prevenir de manera efectiva la infección contra *T. ovis* y *T. saginata* respectivamente (92,93,94). Por su parte Gemmell (1970) también señala esta capacidad protectora del calostro al evaluar los resultados de inmunizar ovejas con huevos o embriones de *T. hydatigena* y *T. ovis*(44,46).

La inmunidad por calostro podría favorecer una infección con una baja carga parasitaria, además se ha observado que la implantación de unos cuantos metacestodos es suficiente para despertar una respuesta inmune efectiva que induzca una resistencia a posteriores infecciones (34) Por lo que es posible que los cerdos con infecciones masivas sean el resultado de exposiciones únicas en edades adultas, situación que puede darse en aquellos animales comprados de áreas no expuestas e introducidos al ecosistema.

Aluja y colaboradores (1996) encontraron que en cerdos infectados experimentalmente con aproximadamente 100 000 huevos, las cargas parasitarias fueron en promedio de 100 metacestodos (11), lo que resulta en este experimento una tasa de infección de 1 metacestodo por cada 1000 huevos de *Taenia*, por su parte Flisser y colaboradores (1979) señala una eficiencia de establecimiento de metacestodos del 1% (34), a pesar de la variación este hecho indica que una animal infectado necesita ingerir una dosis alta que permita la infección de los cisticercos, lo que disminuye el riesgo considerando el alto potencial biótico de la *Taenia*.

Resalta la variación de primoinfección por edad entre los cerdos sacrificados entre las épocas de secas y de lluvias, situación que Onah y colaboradores (1995) no encuentran en Nigeria (82). En este estudio, la variación estacional en la edad de primoinfección puede explicarse en principio por algunos patrones conductuales en

los cerdos. Copado (1996) encontró en un estudio realizado en Guerrero, con cerdos en semiconfinamiento, que el consumo de alimento y en particular de excremento humano por parte de los cerdos está dado en función de la jerarquía que tiene cada animal en el grupo. Además, en las condiciones extremas de alta temperatura y baja humedad relativa existentes durante la temporada de secas, por el sistema de termorregulación propio de los cerdos y en particular de los adultos, éstos disminuyen su actividad durante las horas de más calor (21) (Figura 20), esta situación podría permitir una mayor oportunidad a los jóvenes para consumir excremento, o por lo menos para llegar circunstancialmente primero a él, y así favorecer el contacto con el parásito desde prácticamente el primer mes de vida.

Aún así, el grado de infección en los cerdos jóvenes es mínimo, lo cual como ya se señaló puede deberse a un contacto real pero limitado, cabe pensar que este contacto con el cestodo produzca infección limitada a unos cuantos cisticercos, dando a su vez posibilidad a exposiciones cada vez mayores.

Otra razón para la diferencia entre las temporadas del año, es que durante la temporada de secas los cerdos tienden a permanecer dentro de la comunidad, al no haber crecimiento de plantas en los alrededores, lo que hace que las heces sean una parte básica de la dieta, mientras que en época de lluvias, aumenta la búsqueda de otros alimentos, con movilizaciones en radios de hasta 2 km (21).

Cuando los cerdos son adultos y tienen mayor probabilidad de consumir el excremento es posible que su contacto anterior con el parásito haya favorecido un estado de inmunidad a la infección (45), lo cual es reconocido como un factor limitante de reinfecciones parasitarias y pudiera explicar una mayor proporción de individuos no infectados o con mínima carga parasitaria en la edad adulta y solo unos cuantos que presentan un gran número de metacestodos.

Esta situación coincide con lo que sucede con la mayoría de las infecciones parasitarias, en las que se han descrito patrones convexos de infección con respecto a la edad, es decir, presentan una distribución negativa binomial de la carga parasitaria en la población, por lo cual la infección presenta altas cargas parasitarias en pocos

animales, mientras que la mayor proporción de la población presenta pocos o ningún parásito (65), esto explicaría en principio que aún en áreas endémicas el número de cerdos con infecciones masivas en músculos sea limitado.

Destaca el hecho que las lesiones presentes en cerdos jóvenes se localizaron en hígado y sólo hasta los 5 y 6 meses se encontró el metacestodo en músculos e incluso en un caso en encéfalo, lo cual puede deberse al posible mecanismo de distribución de los embriones del cestodo ya que en principio los embriones tienen que atravesar el hígado, lo encontrado en el presente estudio sugiere que el grado de deterioro de los cisticercos en este órgano es mayor, ya que probablemente funcione como una especie de “filtro” y podría explicar el que en cerdos adultos prácticamente sólo se observa en músculo, esta situación no está comprobada y es necesario hacer más estudios al respecto que permitan dar mayor sustento a esta hipótesis, a este respecto se ha observado una elevada proporción de muerte de postoncosferas en desarrollo temprano con localización intra-hepática en infecciones con *E multilocularis* (57).

Durante las primeras etapas de desarrollo del metacestodo es posible que exista confusión para establecer el diagnóstico entre los cisticercos de *T. solium* y *T. hydatigena*, sin embargo éstos últimos, según algunos investigadores, presentan lesiones hepáticas características en la cápsula de Glisson (54,90), que no fueron observadas en los cerdos estudiados, aunado a que por observaciones personales, las heces de caninos no son aparentemente tan apetecibles por los cerdos como lo son las de otros mamíferos, sobre todo las humanas. A pesar de lo anterior las heces de caninos o por lo menos cestodos de éstos si son consumidas, toda vez que fue posible encontrar quistes hidatídicos en un cerdo.

3.1. Evaluación serológica de los cerdos.

En los cerdos estudiados se encontró que la mitad tuvieron reacción positiva para la detección de antígenos mediante el anticuerpo monoclonal HP10 y el 42% para anticuerpos anti-cisticercos detectados mediante ELISA, este resultado es similar a lo encontrado por González y colaboradores (1990) quienes informan que

en una comunidad en Perú una frecuencia del 37% mediante ELISA y del 52% por IET (56).

Al confrontar los datos de la necropsia como “prueba de oro” con los de serología, ELISA presentó baja sensibilidad, especificidad y valor predictivo, este hecho coincide con lo encontrado por González y colaboradores (1975), quienes en cerdos revisados en Perú, informan que ELISA tuvo 79% de sensibilidad y 75% de especificidad, (56), así como con los resultados obtenidos por Pathak y colaboradores (1994) quienes determinaron una sensibilidad del 70% y una especificidad del 73% (85).

Otros investigadores han encontrado mejores características de las pruebas diagnósticas, por ejemplo, Kumar y colaboradores (1989) encontraron un 86 y 91% de sensibilidad y especificidad respectivamente (69), mientras que Biondi y colaboradores (1996) usando antígenos heterólogos de *T. crassiceps* señalan una sensibilidad del 100% y especificidad del 97 % (16), aunque cabe destacar que las pruebas se confrontaron en el primer caso con cerdos en los cuales no se señalaba la carga parasitaria, en el segundo caso se indicaba que los cerdos controles positivos estaban “altamente” parasitados.

La deficiente sensibilidad de las pruebas utilizadas en los cerdos de la comunidad en estudio, que dio como resultado la existencia de falsos negativos puede deberse, entre otras causas, a la mínima carga parasitaria de los cerdos afectados (mediana = 3). Este hecho ha sido informado por Sciutto (1998) quien determinó que los niveles de antígenos y anticuerpos cambian con la intensidad de la infección, además indica que si bien es posible encontrar una respuesta inmune desde los 29 días posinfección no es sino hasta después de los 90 días cuando hay más probabilidades de detección de antígeno o anticuerpos (107). Por su parte Flisser (1979) indica que en la mayoría de las pruebas diagnósticas una proporción significativa de los casos de cisticercosis no presentan anticuerpos (34).

Otro factor a considerar es el estado físico de los parásitos ya que cuando se

confrontaron como infectados a los cerdos que tuvieron solo cisticercos vesiculares se incrementó la capacidad de la técnicas diagnósticas y en algunos casos incluso mejoraron cuando se consideró como infectados a aquellos cerdos cuya relación cisticercos vesiculares contra cisticercos caseosos fue 1:1 o mayor.

La edad también es un factor muy importante, ya que por lo menos para la detección de anticuerpos totales con respecto a la necropsia la concordancia fue significativa hasta los 5-6 meses, se debe considerar que si bien en los animales de 2 meses no hubo respuesta inmune, se ha encontrado que los cerdos menores de 3 meses aun no cuentan con un sistema inmune competitivo, por lo cual es substancial la presencia de anticuerpos en el calostro, principalmente en una especie como los cerdos, además probablemente no fue posible encontrar estos anticuerpos porque particularmente IgG tiene una media de vida de 6 a 23 días (115).

Otra posibilidad que explique la presencia de falsos negativos, es una posible baja respuesta inmune por parte de los cerdos estudiados como consecuencia de una deficiente alimentación, ya que los cerdos en la comunidad estudiada presentan un grado de desarrollo muy por debajo del que se esperaría en una granja tecnificada.

Con respecto a la especificidad, que en el mejor de los casos no fue mayor al 80%, ésta puede estar influenciada por diversos factores, Rodríguez del Rosal y colaboradores (1989) encontraron que empleando extracto crudo de cisticercos se presentaban reacciones cruzadas con otros parásitos (98), esta posibilidad ha sido considerada por otros investigadores y sobre todo para con *E. granulosus* (38,62,69) y *T. hydatigena* (30), y adquiere peso sobre todo si se toma en cuenta que quistes de *E. granulosus* fueron identificados en uno de los cerdos estudiados.

Con respecto a IET también presento baja sensibilidad y especificidad, lo que contrasta con los resultados encontrados por otros investigadores (34,38,85). Al respecto Tsang y colaboradores (116) señalan que la prueba de IET puede fallar cuando la infección esta dada con pocos parásitos, situación encontrada en el

presente estudio, sobre todo si se considera que muchos de los metacestodos se encontraban en proceso degenerativo.

Además, como ya se señaló la edad es en principio un factor importante para el diagnóstico, sobre todo porque no es sino hasta con los cerdos de 5-6 meses donde la prueba tiene una sensibilidad del 100% y especificidad del 67%, pero sobre todo una concordancia muy significativa ($P = 0.007$)

4. Determinación del papel de las moscas como vectores de *T. solium*

El haber encontrado una mayor proporción de *Musca domestica* dentro de las viviendas de la comunidad coincide con lo informado por Hecht (1970), quien señala que la razón de su permanencia en éstos sitios es que si bien *M. domestica* no solo tiene vida intradomiciliaria, es la más fácilmente encontrada dentro de casas y sobre todo en cocinas, en las que su frecuencia relativa dentro de cocinas de comunidades rurales era de más o menos el 90% (61).

Estos hábitos intradomiciliarios difieren de los de otras especies de moscas como *Fannia* o *Stomoxis*, o de moscas de la familia *Calliphoridae*, mismas que tienen hábitos peridomiciliados o libres (89), es decir, que viven alrededor pero no dentro de las viviendas, lo que implica que si estas moscas pueden transportar huevos de *Taenia sp*, su posibilidad de transmisión al hombre sería limitada y posiblemente sin importancia epidemiológica.

Otra razón de la predilección de *M. doméstica* para vivir dentro de las viviendas es que ésta especie prefiere superficies rugosas y áreas oscuras como parte de su hábitat (61), estas condiciones están presentes dentro de los domicilios en las cocinas de la comunidad, donde las paredes de adobe y la pobre iluminación parecen ser ideales para estas moscas. Además, éstos insectos dependen para su desarrollo de condiciones particulares de temperatura y humedad, las cuales están presentes en el interior de las viviendas. Se ha señalado que *M. doméstica* necesita consumir grandes cantidades de azúcares, alimento común en sitios de preparación o consumo de alimentos, como son las cocinas (61).

La frecuencia de teniosis humana por *T. solium* en comunidades rurales en México varía de 1 a 2% (70,101), esta baja frecuencia podría ser en principio una limitante para el hallazgo de vectores por la posible focalización de excretas con proglótidos en una comunidad. En el supuesto caso de que las moscas fueran transportadoras de huevos de *T. solium*, la capacidad de dispersión de estos insectos permitiría que en teoría no hubiera límites dentro de una pequeña comunidad, ya que se ha observado en otros estudios que el promedio de vuelo de moscas marcadas en áreas rurales es en su gran mayoría de 550 metros en menos de 8 horas (81,87), distancia suficiente para recorrer toda la comunidad, máxime que algunos autores señalan rangos de vuelo mayores entre 800 y 3200 m (87). Si las moscas hubieran tenido una capacidad real de transporte de huevos de *Taenia*, e incluso que sólo el 1% de la población de moscas fuera capaz de transportar huevos del cestodo, el tamaño de muestra hubiera sido suficiente para detectar al menos 1 caso positivo con un 95% de confianza (114).

Aunque la teniosis/cisticercosis es endémica en la población de estudio y hace factible la presencia de huevos de *Taenia* en el ambiente, no parecen existir condiciones para que vectores como *M. domestica* pudiera transportarlos.

El no haber encontrado moscas que transportaran huevos del parásito, tanto en el aparato digestivo como en las patas, posiblemente se deba al papel que desempeñan los cerdos en la manutención del ciclo, ya que éstos realizan el consumo de la materia fecal humana casi inmediatamente después de su eliminación (Fig 21 y 22) (21).

La competencia por el mismo sustrato puede ser en principio la causa de la incapacidad de las moscas para poder utilizar el excremento de origen humano para su desarrollo y alimentación, aunque son atraídas por la materia fecal (89) (Fig 23), no les es posible permanecer sobre ella el tiempo suficiente ya que son los cerdos los encargados de consumirla, a diferencia de lo que sucede con excretas de otras especies, las cuales son comunes de encontrar en calles de la comunidad y que además no son preferidos por los cerdos.

Lo anterior marca una diferencia con los ciclos de *T. ovis* y *T. hydatigena* en los que las moscas juegan un papel activo, ya que en estos casos la eliminación de heces se

lleva a cabo en campo abierto, sin la presencia de coprófagos inmediatos (cerdos), con una posibilidad real de contaminación ambiental con proglótidos grávidos y su consecuente contacto con vectores y huéspedes susceptibles (73). Otros estudios (59) informan que las moscas pueden favorecer la dispersión de huevos de cestodos. Por ejemplo Haro y colaboradores (1990) encontraron un huevo de *Hymenolepis nana*, en una muestra de 6120 moscas estudiadas en la ciudad de México (60). A pesar de no haber encontrado moscas con huevos del cestodo, no se puede descartar el papel potencial de éstos insectos como vectores de *T. solium*, sobre todo si se dan condiciones que favorezcan la exposición, como sería el confinamiento de los cerdos a áreas libres de excremento humano, pero con la presencia de portadores de *T. solium* en la comunidad.

5. Evaluación de la enfermedad en población humana.

5.1. Determinación de antígenos de *T. solium*.

La estimación de la prevalencia de teniosis se dificultó para obtener muestras representativas y aleatorias dentro de la población, ya que no todas las personas aceptaron dar una muestra para el estudio, a pesar de ello destacó la participación de las mujeres (58%), probablemente debido a que están más sensibilizadas ante los programas de salud, incluso en general consideran importante practicarse exámenes de rutina

la prevalencia de la enfermedad no excede del 2%. Otras investigaciones informan variaciones del 0.5 al 6% (100), sin diferenciar entre *T. solium* y *T. saginata*. Allan y colaboradores (1996) encontraron en Guatemala una prevalencia de 2.7% en cuatro comunidades de Guatemala, de ellos el 98% de los cestodos recuperados fueron *T. solium* (6). Cabe recordar que el hombre es el único huésped definitivo de este parásito, además, los datos sobre su frecuencia son pocos, lo que ha generado la interrogante frecuentemente planteada para tratar de explicar la baja prevalencia.

La prevalencia de cualquier enfermedad depende de la incidencia y del tiempo de duración de la infección, que en este caso es resultado de la longevidad o sobrevivencia del parásito en el huésped definitivo (77). Según algunos investigadores, el tiempo de permanencia de la tenia en el hombre varía de entre 10 a 15 años (67), e incluso se informa que puede lograr permanecer hasta 25 años en su huésped (110). Si se consideran como reales a estos estimadores, implicaría una incidencia mínima, sobre todo si se acepta que en cada individuo solo se encuentra un parásito.

Para demostrar lo anterior, supongamos que el 1 2% de una población estuviera afectada (como es en éste caso) y la permanencia promedio del parásito en su huésped fuera de 10 años. en una población de 1000 habitantes, su incidencia sería la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Prevalencia} &= \text{Incidencia} \times \text{duración de la enfermedad, sustituyendo} \\ 0.012 &= \text{Incidencia} \times 10 \text{ años.} \end{aligned}$$

Incidencia = $0.012/10$, por lo tanto = 0.0012 . x año, con lo cual obtenemos que en esa población habría 1 caso nuevo de teniosis por cada 1000 personas al año, es decir, 1 caso con desarrollo real de la enfermedad anualmente.

Los cálculos anteriores implican que en una población de 1000 habitantes, las 10 tenias existentes con una prevalencia 1% sólo serían capaces después de su paso por los cerdos de producir un nuevo caso anualmente.

Si la longevidad promedio de cada cestodo fuera de 20 años en el intestino de su huésped, entonces habría un 1 caso real de parasitosis cada 2 años en esa misma población de habitantes.

Para conocer realmente la incidencia de la infección sería necesario establecer cuál es el número de nuevos enfermos por tiempo (tasa de ataque), o dicho de otra manera, cuantos de la población desarrollan teniosis después de cierto tiempo, de manera similar a lo realizado por Cabrera y colaboradores (1996), para *E. granulosus*, *T. hydatigena* y *T. ovis* (19). Considerando lo anterior y a pesar de la dificultad para corroborar el dato de sobrevivencia y tiempo de permanencia que

tiene el cestodo en el huésped, es posible pensar que la esperanza media de vida de éste parásito es menor que lo señalado anteriormente, es decir, que las tenias se hubieran adaptado a una dinámica de transmisión diferente, esta posibilidad podría sustentarse en varias consideraciones:

a) El hecho de que después de tomar muestras de heces para diagnóstico (coproantígenos) en personas con antecedentes de tener el parásito (ya que señalan haber visto los proglótidos) y resultar positivos, al dar un tratamiento para obtener la *Taenia*, después de 1 o 2 meses en un alto porcentaje no se obtiene nada (en este estudio, en 5 de los positivos sólo se obtuvo el cestodo en 2 (40%).

b) Las actividades de los servicios de salud en la población, ya que 3 de los 5 casos que señalaron haber sufrido molestias digestivas y haber acudido al médico, éste dio tratamiento y sólo uno de ellos supo que el medicamento fue contra teniosis, los otros 2 no supieron decir que les prescribieron, de ellos, sólo en un caso se obtuvo *Taenia solium*, y fue precisamente al que se le había dado el desparasitante, el cual aparentemente no actuó efectivamente contra la *Taenia*

c) Las desparasitaciones masivas. Dentro de los días nacionales de salud se administra albendazol durante 1 día, 2 veces por año a escolares, este producto si bien es efectivo contra este parásito no son éstas las dosis suficientes contra *Taenia solium* (109).

Lo anterior se refuerza si se toma en cuenta que Sarti y colaboradores (1997), en 2 poblaciones con 1% y 2.8% de teniosis, aplicaron tratamiento contra la fase adulta de *Taenia*, reevaluaron dichas poblaciones después de 6 meses post-tratamiento y encontraron nuevos positivos, incluyendo a un reinfectado (102), este hecho permitiría sospechar de una incidencia mayor a la que cabría esperar si las tenias viviesen 10 años o más dentro de su huésped o que la longevidad de la tenia es mucho menor.

Es necesario contestar preguntas sobre el papel real de la inmunidad, la dieta y dentro de ésta, el papel de alimentos o bebidas como el picante o el alcohol. La pepita de calabaza se consume habitualmente y se sabe que tiene efecto vermífugo

(9). Por ejemplo un adulto positivo a coproantígeno, días antes de aplicar el tratamiento a fin de obtener la *Taenia* estuvo alcoholizado por 5 días, el resultado es que no se obtuvo el cestodo. De esta forma, el consumo de alimentos que actúen como vermífugos y la duración promedio de la *Taenia* en el aparato digestivo de las personas afectadas adquieren relevancia toda vez que son factores que pueden influir en el nivel de estabilidad del parásito (97) o incluso forman parte de una estabilidad poblacional diferente de la que se ha descrito bajo otras condiciones.

5.1.1. Factores de riesgo de teniosis.

5.1.1.1. Hábitos higiénicos.

Con respecto a los hábitos higiénicos en la comunidad, los resultados obtenidos mediante la encuesta indican que prácticamente el 100% de la población se lava las manos antes de comer y después de ir al baño y lavan frutas y verduras. Estos resultados coinciden con los notificados por Sarti y colaboradores (1997) (102). A pesar de lo anterior se considera que estas respuestas no son confiables, ya que la gente responde las preguntas como sabe que debe responder, pero la realidad es otra, sobre todo si se considera, como ya se expuso, que en la comunidad se carece de agua principalmente en la época de secas. Los baños o áreas destinadas a defecar no cuentan con agua, además por observación directa fue evidente que un sector de la población tiene deficientes hábitos higiénicos.

5.1.1.2. Consumo de carne de cerdo con cisticercos.

Si bien en la encuesta realizada, el 100% de la gente negó comer carne con “tomate”, en pláticas informales con miembros de la comunidad, diversas personas reconocieron que si hay quienes la consumen, aduciendo que lo hacen ya que cuando un cerdo presenta cisticercosis pueden comprar la carne muy barata. En algunos casos, explicaron que ante un compromiso inmediato (ese mismo día) cuando un cerdo sacrificado presenta cisticercosis y si el dueño del

cerdo no cuenta con dinero para comprar otro animal de todas maneras lo prepara y ofrece a la comunidad, sobre todo si la carne no tiene una “alta” carga parasitaria.

Algunos miembros de una familia reconocieron haber comido carne con cisticercos durante la última fiesta a la que asistieron, a pesar de eso, la persona que ofreció dicha carne, negó haber tenido cerdos con cisticercosis durante los últimos años, lo que indica la reserva para hablar al respecto.

5.1.1.3. Consumo de productos elaborados con carne de cerdo. En general la gente reconoce que cuando el comprador se lleva un cerdo con cisticercosis, es casi seguro que lo hará longaniza o chorizo (algunas personas del pueblo reconocieron que así lo hacían en los pueblos vecinos), ya que de esta forma oculta el problema ante los consumidores. Lo curioso es que cuando en el pueblo ofrecen chorizo, indican que no debe uno preocuparse por la calidad ya que el producto fue comprado en otra localidad, cabe pensar que su procedencia sea de los mismos cerdos con cisticercos que una vez salieron de la comunidad.

5.2. Determinación de anticuerpos contra cisticercos.

El 3.2% de las personas positivas a anticuerpos contra cisticercos en la comunidad, fue mayor al determinado por Aranda y colaboradores (1995) en una comunidad rural de San Luis Potosí quien encontró mediante ELISA el 1% de positividad (13), aunque es similar al 3.4 % informado por Sarti y colaboradores (1988) en el estado de Hidalgo (99) y al 3.3% encontrado por Goldsmith y colaboradores (1971) en el estado de Oaxaca mediante hemoaglutinación indirecta (HI)(53). Sin embargo, es un valor inferior al notificado por diversos autores, cuyos resultados varían del 7 al 12% mediante ELISA (24,25,80), Hemaglutinación Indirecta (28) o IET (101,103) e incluso del 17% encontrado mediante IET por García y colaboradores (1996) en un estudio realizado en Guatemala (42). Cabe destacar que si bien las frecuencias anteriores reflejan

diferencias en la proporción de seropositivos en las poblaciones estudiadas, también pueden ser resultado de variaciones debidas al diseño del estudio, ya que frecuentemente es difícil poder seguir un diseño aleatorio. Otra posible fuente de variación en los datos es que los diagnósticos fueron hechos con técnicas diagnósticas diferentes.

Un aspecto interesante en los resultados del presente estudio es que 2 de las 3 personas positivas a la presencia de anticuerpos contra cisticercosis fueron además reactivos a teniosis y en uno de ellos si se determinó la presencia del cestodo.

Es posible que estas personas tuvieran contacto con los huevos del cestodo por exposición directa, mientras defecaban, ya que ninguna contaba con letrina ni agua potable, a este respecto se ha señalado la posibilidad de autoinfección como mecanismo de transmisión (1). Otra posible explicación es que la reacción serológica positiva en estos 2 casos, sea consecuencia de la detección del cestodo adulto y no del metacestodo; a este respecto García y colaboradores (1991) informan de una persona positiva a cisticercosis, que también fue positiva a *T. solium* (40). Además se señala que hay una mayor probabilidad de resultados positivos en personas con diagnóstico confirmado de *T. solium* (42).

5.2.1. Factores de riesgo de cisticercosis.

Uno de los factores de riesgo reconocidos para la adquisición de la cisticercosis es la convivencia con un portador de *T. solium*, (24,101). Es posible que la transmisión sea no solo por la convivencia, sino también por autoinfección como ya se comentó en el párrafo anterior. Esta situación coincide con lo observado por García y colaboradores (1996), quienes explican que es posible que dicho resultado sea debido a la propia infección de *Taenia* más que a la presencia de cisticercosis (42). Lo anterior se refuerza si se toma en cuenta que en áreas urbanas la transmisión esta dada por la presencia de portadores procedentes de áreas rurales (41) y su bajo nivel económico (70).

6. Modelo matemático.

La construcción del modelo propuesto permite en principio explicar la dinámica de transmisión de la teniosis/cisticercosis, sobre todo si se considera que los resultados están sustentados en la combinación de 22 variables que conjunta elementos determinísticos y estocásticos (76,114). Los resultados de las ecuaciones predicen la carga parasitaria de cada huésped, en el caso de la teniosis el número máximo obtenido es 1, lo que coincide con lo señalado por diversos autores (1,39,67,83,84,110).

Aunque la predicción de 90 metacestodos para la cisticercosis porcina pudiera parecer baja, sobre todo si se considera que Vargas y colaboradores (1986), encontraron una carga de 720 a 23,530 metacestodos por animal en 30 cerdos provenientes de 2 rastros (117), debe hacerse hincapié en que el diagnóstico realizado en ese estudio fue hecho precisamente en rastros, lo que implica como ya se señaló, que éstos cerdos no representan a la población de cerdos de origen, además, el número de cisticercos calculado a través del modelo es mayor al encontrado en los cerdos estudiados de 2 a 5 meses y es similar al del cerdo afectado de 6 meses evaluados en el presente estudio.

Por último, el resultado de 40 parásitos descritos por el modelo para el caso de la cisticercosis en humanos, es un dato difícil de corroborar, sobre todo porque el diagnóstico se hace generalmente cuando hay signología sugerente del problema y su número se cuenta a través de técnicas diagnósticas como son: tomografía computarizada o resonancia magnética (22,39),

En general es poca la información relacionada con la cantidad exacta de metacestodos en humanos, en muchos casos, los informes diagnósticos hablan de que el número de cisticercos en cerebro puede ser única o múltiple (9). A este respecto Flisser y colaboradores (1997) presentan una serie de casos clínicos en los cuales se presentan casos con 1 o múltiples metacestodos en encéfalo (39). Además es posible observar infecciones con gran número de cisticercos, sobre todo en presentaciones subcutáneas, las cuales son más frecuentes en países asiáticos (39). No obstante se ha

informado que el número de cisticercos frecuentemente tiene un rango que va usualmente de menos de 10 a menos de 100 (34). En general el modelo permite tener un buen acercamiento a la enfermedad, sobre todo considerando que algunas variables son inferidas de acuerdo a lo observado para otras tenias como son los coeficientes de transmisión, así como valoraciones como la esperanza de vida del parásito y los coeficientes de transmisión.

El modelo concuerda con lo que según Bradley (1982) debe tener un modelo matemático, ya que debe iniciar como una explicación basada en las hipótesis planteadas, que lo fortalecerán conforme sean corroboradas en los estudios desarrollados (18).

La bondad de los modelos esta dada en función de que permiten tener una aproximación a la realidad, a través de ellos es posible manipular múltiples variables sin los costos de operación que la realidad implicaría y consecuentemente se pueden seleccionar aquellas que mejor convengan a las políticas de prevención y control deseadas (18). A la fecha, existen diversos modelos que permiten predecir el comportamiento de varias enfermedades, entre los que destacan los desarrollados para la malaria, esquistosomiosis (12), e incluso para el cestodo *Hymenolepis diminuta* (67). Muchos de ellos fueron perfeccionados conforme se elaboraban, para lo cual a su vez se trataba de corroborar cada una de sus variables, por ejemplo para la equinococosis se han propuesto más de un modelo por los mismos autores (95,97), lo que indica un proceso de refinamiento en su elaboración

Otro aspecto que permite inferir sobre el buen camino que inicialmente tiene el modelo, es la estabilidad que presenta, al existir puntos de unión entre la relación del agente y sus huéspedes. A pesar de los resultados alentadores del modelo generado en el presente trabajo, es necesario estimar con mayor precisión algunos indicadores, que permitan darle mayor robustez. Entre las variables que destacan están: la longevidad de la *Taenia* en el humano, la carga parasitaria de cisticercos en humanos y la capacidad de transmisión del parásito en cada huésped entre otros. Considerando lo anterior, estas variables fueron evaluadas aumentando o disminuyendo los

estimadores calculados en el modelo, obteniendo variaciones sustanciales en la carga parasitaria en los diferentes huéspedes, por ejemplo, al aumentar al 10% la proporción de personas infectados se observa un incremento de casi doble en la carga parasitaria, o por ejemplo si se incrementa el coeficiente de transmisión de *Taenia* (B1) a un valor de 0.2; el coeficiente de transmisión de metacestodo en el cerdo (B2) a 0.35 y en el humano (B3) a 0.003, los valores máximos del parásito cambian a 1.28 tenias por huésped, 33 cisticercos en cerdos y 38 en humanos, .

Uno de los problemas a los que se enfrentó el estudio fue la dificultad para establecer muestreos aleatorios en algunas de las etapas del mismo. Así por ejemplo la selección de los cerdos de 2 a 5 meses dependió de la disponibilidad de las personas para su venta y su consecuente sacrificio, La evaluación serológica y coprológica en la población humana se basó en la cooperación voluntaria, si bien el muestro no probabilístico no es el más deseable, ya que no permite en principio establecer inferencias hacia la población, es en muchos casos el más factible, sólo que hay que tomar en cuenta que existe el riesgo de que puede o no ser representativo de la población, o por lo menos la inferencia no es fácilmente explicada por los mecanismos racionales de la teoría de la probabilidad (*, 66).

* Trochim, WM. Knowledge Base Home Page. <http://www.kb.indiana.edu/> 15 may 98.

CONCLUSIONES.

A pesar de que se conocen los mecanismos de transmisión, así como las medidas que permitirían la prevención y el control de *Taenia solium* (97), y que generalmente son planteadas en programas de salud buscando su aplicación integral en el lugar donde la enfermedad represente un riesgo para la población, muchas de las medidas como el encierro de los cerdos o el uso de agua potable para el lavado de frutas y verduras son poco prácticas, por lo menos para una comunidad rural como la estudiada.

La falta de servicios sanitarios, el bajo nivel educativo, así como la resistencia al cambio de hábitos higiénicos ponen una barrera inicial al esfuerzo por disminuir la prevalencia de la enfermedad.

No se puede olvidar el derecho a la salud de toda la población, por lo que sí es apremiante disminuir la prevalencia de esta enfermedad entre otras, estableciendo una estrategia que incluya las medidas a tomar considerando las condiciones específicas de las comunidades.

En condiciones similares a las de la comunidad estudiada es necesario en principio reforzar 3 aspectos básicos:

a) Evitar que los cerdos consuman heces humanas, mediante la instalación de letrinas o si no es posible, defecando en un lugar sin acceso a los cerdos, o enterrando las heces (esto último poco es factible, porque el piso es pedregoso), o incluso cubriéndolas con cal.

b) Evitar el consumo de carne de cerdo con cisticercosis y determinar con mayor exactitud las áreas endémicas, para lo cual sería conveniente considerar el papel que podrían aportar las personas encargadas del sacrificio de los cerdos en las comunidades rurales, las cuales serían un sustento básico dentro del sistema de vigilancia epidemiológica, que permitirían establecer con mayor claridad las

zonas de alto riesgo. Este aspecto considerando sobre todo aquellos lugares donde no hay servicio veterinario permanente.

c) Evaluar las diversas acciones como son: las desparasitaciones masivas en la población humana (17,23,86) así como el tratamiento en cerdos (36,55) e incluso la vacunación, para lo cual se ha trabajado con otros modelos animales (105) y en cerdos (29,106), por lo que es necesario conocer el efecto sobre la dinámica de transmisión de la enfermedad y su carácter aplicativo en la realidad de las comunidades afectadas, sobre todo si se consideran diferentes patrones de transmisión en áreas urbanas y rurales.

d) Proponer alternativas de producción de cerdos en comunidades rurales.

Aunque deben de tomarse en cuenta todas las recomendaciones de prevención y control, no debe olvidarse que la recomendación de alguna medida en particular puede causar desconfianza entre la población, un ejemplo de ello es solicitud para que los criadores de cerdos los encierren, situación difícil para muchos habitantes ya que no pueden asumir los costos iniciales de alimentación de sus animales.

En tanto no haya en la comunidad afectada un adecuado sistema de eliminación de excretas y el acceso real de agua potable, deberán ser reconsideradas las recomendaciones dirigidas a estos aspectos.

Los programas de educación deben ser permanentes en tanto exista real o potencialmente el problema, ya que por lo menos en el pueblo estudiado, tuvieron pláticas sobre la enfermedad problema hace aproximadamente 5 años, cuando se realizaba una investigación en otra comunidad cercana, por lo que solo algunas personas "más o menos" recordaban aspectos relacionados con dichas pláticas.

El presente trabajo permite mejorar el conocimiento de la parasitosis con relación al papel que desempeñan los cerdos y las moscas en la transmisión de esta enfermedad, así como algunas características de la población humana involucrada, destaca el hecho de haber encontrado la infección de los cerdos desde los 2 meses, lo que implica una exposición temprana, además de la imposibilidad de encontrar huevos de *Taenia* en las moscas, con esta información y la de diversos autores

citados a lo largo del texto, se expone un modelo matemático que permita explicar en principio la dinámica de transmisión de esta enfermedad, debe señalarse que aun falta mucho por hacer, ya que es necesario hacer investigaciones que permitan conocer más profundamente aspectos epidemiológicos básicos sobre la dinámica de transmisión de la enfermedad, entre ellos, destacan las actividades a desarrollar para conocer las características del agente y huéspedes, como son:

- Determinar la incidencia de la teniosis
- Determinar el tiempo real de sobre vida del cestodo adulto
- Determinar y evaluar el papel antihelmíntico de algunos de alimentos o remedios caseros que se pudieren tener acción sobre la fase adulta de *T. solium*.
- Evaluar las características de las poblaciones de cerdos en áreas rurales, tratando de conocer su esperanza media de vida y causas de mortalidad.

Es posible aseverar que el problema de la teniosis/cisticercosis es más complejo de lo que se creía, aparentemente la dinámica de la enfermedad presenta variaciones adaptativas a las condiciones existentes, reflejadas en una mayor incidencia y una menor sobrevida del parásito por lo que es necesario comprenderla mejor tanto desde el punto de vista médico como sociológico, que permita determinar las herramientas más factibles para su prevención y control.

LITERATURA CITADA.

1. Acha NP, Szyfres B. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 2a ed. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1986.
2. Acevedo H. Economic impact of porcine cysticercosis. In: Flisser A, Willms K, Lacleste J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives. New York Academic Press, 1982: 63-68.
3. Acevedo H. Epidemiología de la cisticercosis porcina. En: Cisticercosis humana y porcina, pp 251-253. Editor. Flisser, A y Malagón, F. Limusa, Noriega. México, D.F. 1989.
4. Allan JC, Avila G, Garcia NJ, Flisser A, Craig PS. Immunodiagnosis of taeniasis by coproantigen detection. Parasitology 1990; 101: 473-477.
5. Allan JC, Craig PS, Garcia NJ, Mencos F, Liu D, Wang Y, Wen H, Zhou R, Stringer R, Rogan M, Zeyhle, E. Coproantigen detection for immunodiagnosis of echinococcosis and taeniasis in dogs and humans. Parasitology 1992; 104: 347-355.
6. Allan JC, Velásquez TM, García NJ, Torres AR, Yurrita P, Fletes C, Mata F, Soto AH, Craig PS. Epidemiology of intestinal teniasis in four rural, Guatemalian communities. Ann Trop Med Parasitol 1996; 90: 157-165
7. Allan JC, Velasquez TM, Torres AR, Yurrita P, García Noval J. Field trial of the coproantigen- based diagnosis of *Taenia solium* taeniasis by enzyme-linked immunosorbent assay. Am J Trop Med Hyg 1996; 54: 352-56.
8. Aluja A. Frequency of porcine cysticercosis in Mexico. In: Flisser A, Willms K, Lacleste J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives. New York: Academic Press, 1982: 53-62.
9. Aluja, A., Escobar, A., Escobedo, F., Flisser, A., Lacleste, J., Larralde, C., Madrazo, I. , Velázquez K y Willms K.: Cisticercosis. Una recopilación

- actualizada de los conocimientos básicos para el manejo y control de la cisticercosis causada por *Taenia solium*. Instituto Nacional de Salud Pública. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., 1987.
10. Aluja A, Vargas G. The histopathology of porcine Cysticercosis. *Vet Parasitol* 1988; 28: 65-77.
 11. Aluja A, Villalobos A, Plancarte A, Rodarte F, Hernández M, Sciutto E. Experimental *Taenia solium* cysticercosis in pigs: characteristics of the infection and antibody response. *Vet Parasitol* 1996; 61: 49-59.
 12. Anderson RM, May RM. Helminth infections of humans: Mathematical models, Population dynamics and control. *Advances in Parasitology* 1985; 24: 1-101.
 13. Aranda-A J, Tapia RR, Celis QG, Grijalva OI, Correa. D Human cysticercosis associated with circulating serum antigens in an open community of San Luis Potosí, México. *Ann Trop Med Parasitol* 1995; 89: 689-692.
 14. Astudillo M, Kantor N. El problema de la validez de una prueba diagnóstica. *Boletín OPS-OMS*. Rio de Janeiro. (Brasil) 1981.
 15. Beltrán F. Epidemiology an economic impact of cysticercosis. In: Flisser A, Willms K, Laclette J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982: 99-106
 16. Biondi GF, Mucciolo RG, Nunes CM, Richtzenhain LJ. Immunodiagnosis of swine cysticercosis by indirect ELISA employing a heterologous antigen from *Taenia crassiceps* metacestode. *Vet Parasitol* 1996; 64: 261-266.
 17. Bundy DA. Control of intestinal nematode infections by chemotherapy : mass treatment versus diagnostic screening. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg* 1990; 84: 622-625.
 18. Bradley DJ. Epidemiological models.- Theory and reality. En: Anderson, R. M., ed. *Population Dynamics of Infectious diseases*. Chapman and Hall. G Britain. 1982.
 19. Cabrera PA., Parietti S, Haran G, Benavidez U, Lloyd S, Perera G, Valledor S,

- Gemmell M, Botto T. Rates of reinfection with *Echinococcus granulosus*, *Taenia hydatigena*, *Taenia ovis* and other cestodes in a rural dog population in Uruguay. *International J Parasitology* 1996; 26: 79-83
20. Contreras C.L.: Aspectos más sobresalientes de la inspección sanitaria de suinos en los rastros del D.F. y en otros del país en busca del cisticerco de *Taenia solium*. En: Flisser A, Malagón F, editores. Cisticercosis humana y porcina, México, D.F. Limusa Noriega, 1989: 257-259.
 - 21 Copado BF. Estudio del comportamiento diurno del cerdo rural no confinado. Tesis de Maestría. México (D.F.): Universidad Nacional Autónoma de México, 1996.
 - 22 Correa BD, Morales LZ, Medina FY, García DF, Medina EE, Mandujano MA, Ortiz GD, Meza LA. Teniosis y Cisticercosis por *Taenia solium* una revisión de viejos y nuevos descubrimientos, Publicación Técnica # 4. Sec. de Salud, Dirección General de Epidemiología, México D. F. 1991.
 23. Cruz M, Davis A, Dixon H, Pawlowski Z, Proano J. Operational studies on the control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis in Ecuador. *Bull. WHO.* 1989; 67: 401-407.
 24. Díaz C, Candil R, Suate P, Zazueta R, Felix M, Lozano R, Willms K. Epidemiologic study and control of *Taenia solium* infection with praziquantel in a rural village of Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1991; 45: 522-531.
 25. Diaz C, Candil RA, Uribe BM, Willms K. Serology as an indicator of *Taenia solium* tapeworm infections in a rural community in Mexico. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg* 1990; 84: 563-566.
 26. Diaz F. Epidemiology of taeniasis and cysticercosis in a peruvian village. *Am J of Epidemiology* 1992; 135: 875-882.
 27. Diaz F, Verastegui M, Gilman V, Tsang V, Pilcher J, Gallo C, García H, Torres P, Montenegro T, Miranda E. Immunodiagnosis of human cysticercosis (*Taenia solium*): a field comparison of an Antibody-Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA), an antigen-ELISA, and an Enzyme Linked

- Immunoelctotransfer Blot (EITB) assay in Peru. *Am J Trop Med Hyg* 1992; 46: 610-615.
28. Escalante, L., Rowland EC, Powel MR. Prevalence of anti-*Taenia solium* antibodies in sera from outpatients in an Andean region of Ecuador. *Mem. Inst-Oswaldo-Cruz* 1995; 90: 715-719.
 29. Evans CA, González AE, Gilman RH, Verastegui M, García HH, Chavera A, Pilcher JB, Tsang CW. Immunotherapy for porcine cysticercosis: Implications for prevention of human disease. *Am J Trop Med Hyg* 1997; 56: 33-37.
 30. Espinoza B, Flisser A. Antígenos específicos y de reacción cruzada de helmintos parásitos. *Arch. Invest. Méd.* 1986; 7: 299-311.
 31. Facultad de Ciencias. *Manual de Recolección y Preparación de Animales*. 2a ed. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1990.
 32. Farver T, Chester T, Robert K. An application of sampling theory in animal disease prevalence survey design. *Preventive Vet. Med.* 1985; 3: 463-473.
 33. Feldman M, Plancarte A, Sandoval M, Wilson M, Flisser A. Comparison of two assays (EIA and EITB) and two samples (saliva and serum) from the diagnosis of neurocysticercosis. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg* 1990; 84: 559-562.
 34. Flisser A, Pérez MR, Larralde C. The immunology of human and animal cysticercosis: a review. *Bull WHO*. 1979; 57: 839-856.
 35. Flisser A. Neurocysticercosis in Mexico. *Parasitol Today* 1988; 4: 131-137.
 36. Flisser A, González D, Shkurovich M, Madrazo I, Correa D, Rodriguez-Carbajal J, Cohen S, Rodriguez-del Rosal E, Collado M, Fernández B, Fernández F, Aluja AS. Praziquantel treatment of porcine brain and muscle *Taenia solium* cysticercosis. *Parasitol Res* 1990; 263-269.
 37. Flisser A. Avances recientes en el diagnóstico inmunológico y en la epidemiología de la cisticercosis y la teniosis por *Taenia solium* en México. *Memorias del ciclo de conferencias parasitológicas In Memoriam del Dr. Antonio Acevedo Hernández*. 1992 mayo 11-13; México, DF. México (DF):

- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México 1992: 5-9.
38. Flisser A, Plancarte A, Avila G. Aplicación de métodos de diagnóstico de cisticercosis y teniosis a estudios epidemiológicos. Rev Fac Med. 1994; 37: 17-31.
 39. Flisser A, Madrazo Y, Delgado H. Cisticercosis humana. México (DF): Manual Moderno, 1997.
 40. García H, Martínez M, Gilman R, Herrera G, Tsang VC, Pilcher JB, Diaz J, Verastegui M, Gallo C, Porras M, Alvarado M, Naranjo J, Miranda E. Diagnosis of cysticercosis in endemic regions. The Lancet 1991; 338: 549-551.
 41. García H, Gilman R, Tovar A, Flores E, Jo R, Tsang V, Díaz F, Torres P, Miranda E. Factors associated with *Taenia solium* cysticercosis: Analysis of nine hundred forty six peruvian neurologic patients. Am J Trop Med Hyg 1995; 52: 145-148.
 42. García NJ, Allan JC, Fletes C, Moreno E, Mata de F, Torres AR, Soto de AH, Yurrita P, Higueros MH, Mencos F, Craig P. Epidemiology of *Taenia solium* taeniasis and cysticercosis in two rural guatemalan communities. Am. J Trop Med Hyg 1996; 55: 282-289.
 43. Gaviño TG, Juárez LC, Figueroa TH. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. LIMUSA, México. DF. 1987
 44. Gemmell M.A. Blundell SK, Macnamara FN, Immunological responses of the mammalian host against tapeworm infections VII. Experimental Parasitology. 1968; 23: 83-87.
 45. Gemmell MA., Soulsby EJ. The development of acquired immunity to tapeworms and progress toward active immunization with special reference to *Echinococcus granulosus*. Bull of the World Health Org. 1968; 39: 45-55.
 46. Gemmell MA. Hydatidosis and cysticercosis. 3. Induced resistance to the larval phase.
 47. Gemmell MA. Experimental epidemiology of hydatid cyst. Advances of

- Parasitology. 1977; 15. 311-369.
48. Gemmell MA. Ovine cysticercosis: An epidemiological model for the cysticercosis I The free-living egg phase. In: Flisser A, Willms K, Laclette J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives. New York: Academic Press, 1982: 87-98
 49. Gemmell MA, Lawson JR, Roberts MG. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: biological parameters of *Echinococcus granulosus* in dogs and sheep. Parasitology 1986; 92: 599-620.
 50. Gemmell M, Lawson J, Roberts M. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: Evaluation of the biological parameters of *Taenia hydatigena* and *T. ovis*. comparison with those of *E. granulosus*. Parasitology 1987; 94: 161-180.
 51. Gemmell MA. Australasian contributions to an understanding of the epidemiology and control of hydatid disease caused by *Echinococcus granulosus* past, present and future. International J Parasitol. 1990; 20: 431-436.
 52. Goddeeris B. The role of insects in dispersing eggs of tapeworms. Año II Personal investigations. Annales de la Société Belge de Médecine Tropicale 60:277-283
 53. Goldsmith RS, Kagan IG, Reyez G, MA, Ferreira J. Estudios seroepidemiológicos realizados en Oaxaca, México. I. Encuesta de anticuerpos parasitarios mediante la prueba de hemoaglutinación indirecta. Bol. Of. Sanit. Panamer. 1971; 69: 500.
 54. Gómez CS, Bernabé SA, Gómez MA, Navarra CJ, Sánchez CJ. Cisticercosis visceral porcina por *Cysticercus tenuicollis*: observaciones clínicas y anatomopatológicas. Med Vet 1990; 7: 111-114.
 55. González EA, García HH, Gilman RH, López TM, Gavidia C, McDonald J, Pilcher JB, Tsang CW. Treatment of porcine cysticercosis with albendazole. Am. J. Trop. Med. Hyg. 1995; 53: 571-574.
 56. González EA, Cama V, Gilman R, Tsang CW, Pilcher J, Chavera A, Castro M,

- Montenegro T, Verastegui M, Miranda E, Balazar H. Prevalence and comparison of serological assays, necropsy, and tongue examination for the diagnosis of porcine cysticercosis in Peru. *Am J Trop Med Hyg* 1990; 43: 194-199.
57. Gottstein B, Felleisen R. Protective immune mechanisms against the metacestode of *Echinococcus multilocularis*.
 58. Harrison LJ, Joshua GW, Wright SH, Parkhouse RM. Specific detection of circulating surface/secreted glycoproteins of viable cysticercosis in *Taenia saginata* cysticercosis. *Parasite Immunology* 1989; 11: 351-370
 59. Harwood RF, James MT. *Entomología Médica y Veterinaria*. México (DF) Limusa.. 1987.
 60. Haro AL, Tay J, Quintero GE, Rojas WG, Calderón RL, Ibarra CJ. La actividad transmisora de *Musca domestica* en la zona metropolitana del D.F. I Bacterias. *Rev Fac Med* 1990; 33: 365-370.
 61. Hecht O. *Ecología y comportamiento de las moscas domésticas*. Laboratorio de Entomología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F. 1970
 62. Herbert IV, Oberg OC. Serological studies in pigs experimentally infected with *Taenia solium* or *Taenia hydatigena*. *J Comparative Pathology*. 1975; 85: 487-498.
 - 63 Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.: XI Censo General de Población y Vivienda 1990. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México, D.F. 1990.
 64. José MV. On the solution of mathematical models of herd immunity in human helminth infection. *J. Math Biol* 1989; 707-715.
 - 65 José MV, Ruiz A, Bobadilla JR. Prevalence of infection. Mean Worm burden and degrees of worm aggregation as determinants of prevalence of diseases due to intestinal heminths. *Archives of Medical Reseach*. 1997; 28: 1-7.
 66. Kageyama ML, Sanin A, Romieu I. *Manual de muestreo poblacional*

- (Aplicaciones de salud ambiental). Centro Panamericano de ecología humana y de salud. México (DF) OPS-OMS.. 1997.
67. Keymer A. Tapeworm Infections. In: Population dynamics of infectious disease. G Britain: Chapman and Hill, 1982.
 68. Keilbach N. Teniosis-Cisticercosis: Estudio de población, Tesis de Maestría. México (DF): Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 1989.
 69. Kumar D, Gaur NS. Comparative evaluation of various immunodiagnostic tests for the diagnosis of *Taenia solium* cysticercosis in pigs, using fractionated antigens. Journal of Helminthology 1989; 63: 13-17.
 70. Larralde C, Padilla A, Hernández M, Govezensky T, Sciutto E, Gutierrez G, Tapia-Conyer R, Salvatierra J, Sepúlveda J. Seroepidemiología de la cisticercosis en México. Salud Pública Méx 1992; 34: 197-210.
 71. Larralde C, Montoya RM, Sciutto E, Díaz M, Govezensky T, Coltorti E. Deciphering western blots of tapeworm antigens (*Taenia solium*, *Echinococcus granulosus*, and *T. crassiceps*) reacting with sera from neurocysticercosis and hydatid disease patients. Am J Trop Med Hyg 1989; 40: 282-290.
 72. Lawson J, Gemmell M. The potencial role of blowflies in the transmission of taeniid eggs. Parasitology 1985; 91: 129-143.
 73. Lawson J, Gemmell M. Hydatidosis and Cysticercosis: The Dynamics of Transmission. Adv Parasitol 1988; 22: 261-308.
 74. Mackiewicz J. Cestode transmission patterns. J. Parasit. 1988; 74: 60-71.
 75. Mahajan, R. Geographical distribution of human cysticercosis. In: Cysticercosis. Present state of knowledge and Perspectives. In: Flisser A, Willms K, Lacleste J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives. New York: Academic Press, 1982: 39-46.
 76. Martin HS, Salud y enfermedad. 4ª ed. México (DF): La Prensa Médica Mexicana, 1984.
 77. Martin W., Meek A and Willeberg P. Veterinary Epidemiology. Iowa State.

- University Press. Ames, Iowa. 1987.
78. Mc Alpine, J. Key to families-Adults. In Manual of Nearctic Diptera. Vol I. Biosystematics Research Institute. Research Branch Agriculture Canada. Quebec Canada. 1981.
 79. Mondragón A, Plancarte A, Flisser A. El diagnóstico de la cisticercosis humana por ELISA. Salud Pública Méx. 1994; 36: 393-398.
 80. Morales A, Flisser A, Nava E, Legorreta J, Villegas A, Navarrete R, Andersson N. Seropositividad a cisticercos en población humana en 19 comunidades del estado de Guerrero, México. Prioridades en Salud. CIET. 1995; 5: 39-42.
 81. Nadzhafov.. The role of different species of synanthropic flies in dissemination of oncospheres of *Taeniarrhynchus saginatus* M. Edistsinkaya Parasitologiya: Parazitarnye Bolezni. 1967; 36: 144-149.
 82. Onah DN, Chiejina SN. *Taenia solium* cysticercosis and human taeniosis in the area EnuOgu, Nigeria. Ann Trop Med Parasitol 1995; 89: 399-407.
 83. Organización Panamericana de la Salud. Epidemiología y Control de la Teniosis/Cisticercosis en América Latina. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1990.
 84. Organización Panamericana de la Salud. Epidemiología y Control de la Teniosis/ Cisticercosis en América Latina. Versión 2. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1993.
 85. Pathak KM, Allan JC, Ersfeld K, Craig PS. A Western blot and ELISA assay for the diagnosis of *Taenia solium* infection in pigs. Vet Parasitol 1994; 53: 209-217.
 86. Pawlowski Z. Perspectives on the control of *Taenia solium*. Parasitol Today. 1990; 6: 371-373.
 87. Pickens LG, Morgan NO, Hartstock JG, Smith, JW. Dispersal patterns and populations of the house flies affected by sanitation and weather in rural Maryland. J Econ Entom 1967; 60: 1250-1255.

88. Plancarte A, Schantz P, Sarti E, Flisser A. Inmunodiagnóstico de cisticercosis porcina en comunidades rurales de México. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias octubre 9-15; Acapulco, México. México (DF): 1994: p 135.
89. Pratt H, Littig K, Scott H. Flies of public health importance and their control. US Department of Health, Education and Welfare. Centers for Disease Control. Atlanta, Georgia, 1975.
90. Pullin JW. Observations on liver lesions in lambs experimentally infected with the cysticercus of *Taenia hydatigena*. Can J Comparative Med 1955; 19: 17-25
91. Quintero MT. Moscas transmisoras de enfermedades. En: Memorias del curso teórico - práctico de artrópodos transmisores de enfermedades. 115-131. Octubre 1991. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.1991.
92. Rickard MD, Arundel JH, Chem D. Passive protection of lambs against infection with *Taenia ovis* via colostrum. Aust Vet. J. 1974; 50: 22-24.
93. Rickard MD, Adolph AJ, Arundel JH. Vaccination of calves against *Taenia saginata* infections using antigens collected during in vitro cultivation of larvae: passive protection via colostrum from vaccinated cows and vaccination of calves protected by maternal antibody. Research of Vet Sci. 1977; 23: 365-367.
94. Rickard MD. Vaccination of lambs against *Taenia ovis* infections using antigens collected during in vitro cultivation of larvae: passive protection via colostrum from vaccinated ewes and the duration of immunity from a single vaccination. Research of Vet Sci. 1977; 23: 368-371.
95. Roberts M, Lawson J, Gemmell M. Population dynamics in echinococcosis and cisticercosis: mathematical model of the life-cycle of *Echinococcus granulosus*. Parasitology 1986; 92: 621-641.
96. Roberts M, Lawson J, Gemmell M. Population dynamics in echinococcosis and cisticercosis: mathematical model of the life-cycles of *Taenia hydatigena* and *T. ovis*. Parasitology. 1987; 94: 181-197.

97. Roberts M. Modelling of parasitic populations: cestodes. *Vet Parasitol* 1994; 54: 145-160.
98. Rodriguez del Rosal E, Correa D, Flisser A. Swine cysticercosis: Detection of parasite products in serum. *Vet Rec* 1989; 124: 488.
99. Sarti E, Schantz P, Lara R, Gomez H, Flisser A. *Taenia solium*. Teniasis and cysticercosis in a mexican village. *Trop Med Parasitol* 1988; 39: 194.
100. Sarti, E. Epidemiología de la teniosis/cisticercosis. En: Flisser A, Malagón F, editores. *Cisticercosis humana y porcina México*, (DF): Limusa, Noriega, 1989: 233-241.
101. Sarti E, Schantz P, Plancarte A, Wilson M, Gutiérrez I, López, A, Roberts J, Flisser A. Prevalence and risk factors for *Taenia solium* taeniasis and cisticercosis in humans and pigs in a village in Morelos, Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1992; 46: 677-685.
102. Sarti E, Flisser A, Schantz P, Gleizer M, Loya M, Plancarte A, Avila G, Allan J, Craig P, Bronfman M, Wijeyaratne P. Development and evaluation of health education intervention against *Taenia solium* in a rural community in Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1997; 56: 127-132.
103. Schantz P, Sarti E, Plancarte A, Wilson M, Criales JL, Roberts J, Flisser A. Community-based epidemiological investigations of cysticercosis due to *Taenia solium*: Comparison of serological screening test and clinical findings in two populations in Mexico. *Clin Infect Dis* 18: 879-875. 1994.
104. Schenone, H., Villaroel, F., Rojas, A. y Ramírez, R.: Epidemiology of human cysticercosis in Latin America. In: Flisser A, Willms K, Lacleite J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982: 25-38.
105. Sciutto E, Fragoso G, Trueba L, Lemus D, Montoya RM, Díaz ML, Govezensky T, Lomeli T, Tapia G, Larralde C. Cysticercosis vaccine: Cross protecting immunity with *T. solium* antigens against experimental murine *T. crassiceps* cysticercosis protection. *Parasite Immunol.* 1990; 12: 687-696

106. Sciutto E, Aluja A, Fragoso G, Rodarte LF, Hernández M, Villalobos MN, Padilla A, Keilbach N, Baca M, Govezensky T, Díaz S, Larraide C. Immunization of pigs against *Taenia solium* cysticercosis : factors related to effective protection. *Vet Parasitol* 1997; 60: 53-67.
107. Sciutto E, Hernández M, García G, Aluja A, Villalobos N, Rodarte L, Parkhouse M, Harrison L. Diagnosis of porcine cysticercosis: a comparative study of serological test for detection of circulating antibody and viable parasites. *Vet Parasitol* 1998; 78: 185-194.
108. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA2-1994. Para la Vigilancia, prevención y control del complejo taeniosis/cisticercosis en el primer nivel de atención médica. *Diario Oficial de la Federación*. 21 agosto de 1996. 95-104.
109. Sotelo J, Flisser A. Neurocysticercosis. Practical treatment Guidelines. *CNC Drugs*. 1997; 7: 17-25.
110. Soulsby L. *Parasitología y enfermedades parasitarias en animales domésticos*. 7a ed, México (DF): Interamericana. 1987.
111. Spindola FN, Rojas WG, Haro AI, Cabrera BM, Salazar SP. Parasite search in strawberries from Irapuato, Guanajuato and Zamora, Michoacan (Mexico). *Arch. Med Res*. 1996; 27: 229-231.
112. Tapia-Conyer R, Gutierrez G, Sepúlveda J. Metodología de la encuesta Nacional Seroepidemiológica. México. *Salud Pública Méx* 1992; 34: 197-210.
113. Tay J, Haro A, Quintero GM, Ibarra CJ, Rojas WG, Alonso GT. Estudio sobre *Musca doméstica* como posible transmisor de agentes infecciosos y parasitarios en la ciudad de México. *Rev Fac Med*. 1989; 32: 5-8.
114. Thrusfield, M. *Epidemiología Veterinaria*. España (Zaragoza): Acribia. 1990.
115. Tizard I. *Inmunología Veterinaria*. 3ª ed. Interamericana. México, DF. 1989.
116. Tsang CW, Brand JA, Boyer AE. An enzyme linked immunoelectrotransfer blot assay and glycoprotein antigens for diagnosing human cysticercosis (*Taenia solium*). *J Infect Dis* 1989; 159: 50-59.

117. Vargas MG, Saldierna V, Navarro FR, Acevedo H, Flisser A, Aluja S de A. Localización del cisticerco de la *Taenia solium* en diferentes regiones musculares del cerdo y su importancia para la inspección sanitaria. *Vet Mex* 1986; 17: 275-279.
118. Velazco S, Bravo B, Quirasco F. Human Cysticercosis: Medical-Social implicaciones and economic impact. In: Flisser A, Willms K, Laclette J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 47-51-19. 1982.
119. Woodhouse E, Flisser A, Larralde C. Seroepidemiology of human Cysticercosis in Mexico. In: Flisser A, Willms K, Laclette J, Larralde C, Ridaura C, Beltrán F, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press. 1982: 11-19.

Cuadro 1.
Características de las viviendas en relación con algunos servicios y tenencia de cerdos. Tlanquizolco, Guerrero, México.*

Características de las viviendas	Si	%	No	%
Letrinas	41	28.08	105	71.9
Agua potable	0	0.00	146	100.0
Drenaje	4	2.73	142	97.3
Tenencia de cerdos	99	67.80	47	32.2

* Se contestaron en 146 de 184 viviendas (79.34%)

Cuadro 2.
Principales especies domésticas,
Tianquizolco, Guerrero, México

Tipo de animales	Número de propietarios	Total de animales
Caninos	127	459
Porcinos	99	508
Bovinos	63	291
Caprinos	1	7
Ovinos	1	4

Cuadro 3.
Tipo de alojamiento de cerdos.
Tianquizolco, Guerrero, México, 1996

Tipo de alojamiento de cerdos	Número de viviendas	%	Número de animales	%
Confinados	17	17.2	56	11.0
Deambulan libremente	82	82.8	452	89.0
Total	99	100.0	508	100.0

Cuadro 4.
Frecuencia de cerdos positivos* a metacestodos de *T. solium* por edad,
Tianquizolco, Guerrero, México

Edad meses	Número de animales	Número de positivos	Porcentaje positivos	Razón de momios	Localización de los cisticercos
2	20	5	25.0	1.0	Hígado
4	16	6	37.5	1.5	Hígado, músculos
5	14	5	35.7	2.3	Músculos, hígado
6	2	1	50.0	3.0	Músculos, hígado, encéfalo
Total	52	17	32.7		

Chi cuadrada para tendencia (P = 0.3868)

* Evaluados post mortem

Cuadro 5.
Frecuencia de cerdos con cisticercos* según
edad y temporada del año, Tianquizolco,
Guerrero, México

Temporada	Edad	Número de positivos	Total	Porcentaje positivos
Lluvias	2	0	10	0
	4	0	8	0
	5	3	6	50
Secas	2	5	10	50
	4	6	8	75
	5	2	8	25
	6	1	2	50

*Evaluados post mortem

Diferencia entre temporadas (proporción de positivos por edad Signo Wilcoxon) (P = 0.22)

Diferencia entre temporadas proporción global. Fisher (P = 0.0068)

Razón de momios = 7, IC (1.46-37.86)

Cuadro 6.
Número de metacestodos de *Taenia solium* según edad
en cerdos de 2 a 6 meses sacrificados en diferentes épocas del año.
Tianquizolco , Guerrero, México.

Epoca del año	Edad meses	Número de parásitos			Porcentaje metacestodos vesiculares	Mediana parásitos por edad
		vesiculares	caseosos	Totales		
Lluvias	5	0	1	1	0	2
	5	1	1	2	50.0	
	5	1	1	2	50.0	
secas	2	0	3	3	0.0	3
	2	1	2	3	33.3	
	2	2	1	3	66.7	
	2	4	2	6	66.7	
	2	6	2	8	75.0	
	4	0	3	3	0.0	4.5
	4	1	2	3	33.3	
	4	4	0	4	100.0	
	4	1	4	5	20.0	
	4	2	6	8	25.0	
	4	4	6	10	40.0	
	5	1	2	3	33.3	7.5
	5	5	1	6	83.3	
	6	88	0	88	100.0	
	Total		121	37		
		vesiculares	granulares	Totales	Frec	
Por estado del parásito	Q 1	1	1	2	22.5	
	Mediana	1	2	3	40	
	Q 3	4	3	7	70.8	

Cuadro 7.

Número y estado de los metacestodos de *T. solium* en cerdos y su relación con los resultados de ELISA para la detección de anticuerpos totales y del antígeno HP10, así como para la prueba de EIT. Tianquizolco, Guerrero, México.

Epoca del año	Edad (meses)	Número de parásitos			ELISA		EIT
		vesiculares	caseosos	Totales	anticuerpos	Ag HP10	
Lluvias	4	0	0	0	-	+	-
Lluvias	4	0	0	0	+	-	-
Lluvias	4	0	0	0	-	-	-
Lluvias	4	0	0	0	-	+	-
Lluvias	4	0	0	0	-	+	-
Lluvias	4	0	0	0	-	-	+
Lluvias	4	0	0	0	-	-	-
Lluvias	4	0	0	0	+	+	-
Lluvias	5	0	0	0	-	+	-
Lluvias	5	0	0	0	-	+	-
Lluvias	5	0	0	0	-	-	SD
Lluvias	5	0	1	1	-	-	SD
Lluvias	5	1	1	2	+	+	+
Lluvias	5	1	1	2	+	-	+
Secas	2	0	0	0	-	+	-
Secas	2	0	0	0	-	-	-
Secas	2	0	0	0	-	+	-
Secas	2	0	0	0	-	-	-
Secas	2	0	0	0	+	-	-
Secas	2	0	3	3	-	-	-
Secas	2	1	2	3	-	-	-
Secas	2	2	1	3	-	+	-
Secas	2	2	2	4	-	+	-
Secas	2	0	6	6	-	-	+
Secas	4	0	0	0	-	-	+
Secas	4	0	0	0	-	+	+
Secas	4	0	3	3	-	+	-
Secas	4	1	2	3	-	+	+
Secas	4	4	0	4	+	+	-
Secas	4	1	4	5	+	-	+
Secas	4	2	6	8	-	+	+
Secas	4	4	6	10	+	-	-
Secas	5	0	0	0	-	+	-
Secas	5	0	0	0	-	+	-
Secas	5	0	0	0	-	-	+
Secas	5	0	0	0	-	+	+
Secas	5	0	0	0	+	-	+
Secas	5	0	0	0	+	+	-
Secas	5	1	2	3	-	-	+
Secas	5	5	1	6	+	-	+
Secas	6	0	0	0	+	-	-
Secas	6	88	0	88	+	+	+

Cuadro 8.
Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección
de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 2 a 6 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México

Resultado de la prueba	Estado de salud*		Total	
	Infectados**	No infectados		
detección del antígeno HP10	Positivos	8	13	21
	Negativos	9	12	21
	Total	17	25	42
		50% positivos		
	Sensibilidad =	47.00%		
	Especificidad =	48.00%		
	Valor predictivo + =	38.10%		
	Valor predictivo - =	57.10%		
Coocordancia	Youden =	-0.049		
	Kappa =	-0.048		
	p =	0.7532		

Resultado de la prueba	Estado de salud*		Total	
	Infectados**	No infectados		
detección de anticuerpos	Positivos	7	6	13
	Negativos	10	19	29
	Total	17	25	42
		31% de positivos		
	Sensibilidad =	41.10%		
	Especificidad =	76.00%		
	Valor predictivo + =	53.80%		
	Valor predictivo - =	65.50%		
Coocordancia	Youden =	0.171		
	Kappa =	0.178		
	p =	0.118		

* El diagnóstico fue realizado mediante examen post mortem.

** Determinado mediante evaluación histológica de las lesiones encontradas.

Cuadro 9.
Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección
de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 2 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México

	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Resultado de la prueba de detección del antígeno HP10	Positivos	2	2
	Negativos	3	3
	Total	5	5
	Sensibilidad =	40.00%	
	Especificidad =	60.00%	
	Valor predictivo + =	50.00%	
	Valor predictivo - =	50.00%	
Coocordancia	Youden =	0	
	Kappa =	0	
	p =	0.5	

	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Resultado de la prueba de detección de anticuerpos	Positivos	0	1
	Negativos	5	4
	Total	5	5
	Sensibilidad =	0.00%	
	Especificidad =	80.00%	
	Valor predictivo + =	0.00%	
	Valor predictivo - =	44.00%	
Coocordancia	Youden =	-0.2	
	Kappa =	-0.2	
	p =	0.85	

* El diagnóstico fue realizado mediante examen post mortem.

** Determinado mediante evaluación histológica de las lesiones encontradas.

Cuadro 10.
Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección
de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 4 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México

	Estado de salud*		Total	
	Infectados**	No infectados		
Resultado de la prueba de detección del antígeno HP10	Positivos	4	5	9
	Negativos	2	5	7
	Total	6	10	16
	Sensibilidad =		67.0%	
	Especificidad =		50.0%	
	Valor predictivo + =		44.0%	
	Valor predictivo - =		60.0%	
Coocordancia	Youden =		0.17	
	Kappa =		0.1515	
	p=		0.2576	

	Estado de salud*		Total	
	Infectados**	No infectados		
Resultado de la prueba de detección de anticuerpos	Positivos	3	2	5
	Negativos	3	8	11
	Total	6	10	16
	Sensibilidad =		50.00%	
	Especificidad =		80.00%	
	Valor predictivo + =		60.00%	
	Valor predictivo - =		73.00%	
Coocordancia	Youden =		0.3	
	Kappa =		0.31	
	p =		0.105	

* El diagnóstico fue realizado mediante examen post mortem.

** Determinado mediante evaluación histológica de las lesiones encontradas.

Cuadro 11.
Sensibilidad y especificidad de la prueba de ELISA para la detección
de antígenos y anticuerpos en sueros de cerdos de 5-6 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México

Resultado de la prueba de detección del antígeno HP10	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Positivos	2	6	8
Negativos	4	4	8
Total	6	10	16

Sensibilidad =	33.0%
Especificidad =	40.0%
Valor predictivo + =	25.0%
Valor predictivo - =	50.0%
Coocordancia Youden =	-0.27
Kappa =	-0.25
p=	0.84

Resultado de la prueba de detección de anticuerpos	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Positivos	4	3	7
Negativos	2	7	9
Total	6	10	16

Sensibilidad =	67.00%
Especificidad =	70.00%
Valor predictivo + =	57.00%
Valor predictivo - =	78.00%
Coocordancia Youden =	0.37
Kappa =	0.35
p =	0.07

* El diagnóstico fue realizado mediante examen post mortem.

** Determinado mediante evaluación histológica de las lesiones encontradas.

Cuadro 12
Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET
para la detección de anticuerpos en suero de cerdos.
Tianquizolco, Guerrero, México.

Resultado de la prueba	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Positivos	9	6	15
Negativos	7	18	25
Total	16	24	40***

Sensibilidad =	56.2%
Especificidad =	75.0%
Valor predictivo + =	60.0%
Valor predictivo - =	72.0%
Coocordanci: Youden =	0.312
Kappa =	0.315
p =	0.02

Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET
para la detección de anticuerpos en suero de cerdos de 2 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México.

Resultado de la prueba	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Positivos	1	0	1
Negativos	4	5	9
Total	5	5	10

Sensibilidad =	20.0%
Especificidad =	100.0%
Valor predictivo + =	100.0%
Valor predictivo - =	56.0%
Coocordanci: Youden =	0.2
Kappa =	0.2
p =	0.14

Cuadro 13
Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET
para la detección de anticuerpos en suero de cerdos de 4 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México.

	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Resultado de la prueba			
Positivos	3	3	6
Negativos	3	7	10
Total	6	10	16
	Sensibilidad =	50.0%	
	Especificidad =	70.0%	
	Valor predictivo + =	50.0%	
	Valor predictivo - =	70.0%	
Co concordancia	Youden =	0.2	
	Kappa =	0.2	
	p =	0.21	

Sensibilidad y especificidad de la prueba de IET
para la detección de anticuerpos en suero de cerdos de 5-6 meses.
Tianquizolco, Guerrero, México.

	Estado de salud*		Total
	Infectados**	No infectados	
Resultado de la prueba			
Positivos	5	3	8
Negativos	0	6	6
Total	5	9	14
	Sensibilidad =	100.0%	
	Especificidad =	67.0%	
	Valor predictivo + =	63.0%	
	Valor predictivo - =	100.0%	
Co concordancia	Youden =	0.67	
	Kappa =	0.588	
	p =	0.007	

Cuadro 14.
Características de ELISA para detección del antígeno HP10, en cerdos de
acuerdo a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro México.

Cerdos de 2 a 6 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	47.0	48.0	38.1	57.1	0.633
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativos	53.0	51.0	33.3	71.4	0.360
razón vesiculares:caseosos = 1o más:1 *	41.7	54.3	23.8	90.4	0.100
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	75.0	52.6	14.3	95.2	0.140

Cerdos de 2 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	40.0	60.0	50.0	50.0	0.500
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativos	66.0	71.4	50.0	83.3	0.120
razón vesiculares:caseosos = 1o más:1 *	100.0	75.0	50.0	100.0	0.020
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	100.0	66.7	33.3	100.0	0.090

Cerdos de 4 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	66.6	50.0	44.4	71.4	0.250
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativos	60.0	45.5	33.3	71.4	0.419
razón vesiculares:caseosos = 1o más:1 *	100.0	46.6	11.1	100.0	0.180
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	100.0	46.0	11.1	100.0	0.180

Cerdos de 5 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	33.0	40.0	25.0	50.0	0.840
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativos	40.0	45.0	25.0	63.0	0.700
razón vesiculares:caseosos = 1o más:1 *	50.0	50.0	25.0	75.0	0.500
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	50.0	50.0	13.0	88.0	0.500

* Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticercos vesiculares contra caseosos era por lo menos de 1:1
el resto se tomó como no infectado

** Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticercos vesiculares contra caseosos era mayor de 1:1,
el resto se tomó como no infectado

Cuadro 15

Características de ELISA para detección de anticuerpos, en cerdos de acuerdo a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro México.

Cerdos de 2 a 6 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticeros vs negativos.	41.1	76.0	53.8	65.5	0.110
Con cistic vesiculares vs cist caseosos y negativ	53.8	79.3	53.8	79.3	0.015
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	71.4	77.0	38.0	93.0	0.005
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	75.0	73.6	23.0	96.5	0.020

Cerdos de 2 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticeros vs negativos.	0.0	80.0	0.0	44.0	0.850
Con cistic vesiculares vs cist caseosos y negativ	0.0	85.0	0.0	66.0	0.750
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	0.0	87.5	0.0	77.7	0.700
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	0.0	88.8	0.0	88.8	0.630

Cerdos de 4 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticeros vs negativos.	50.0	80.0	60.0	72.7	0.10
Con cistic vesiculares vs cist caseosos y negativ	60.0	81.8	60.0	81.8	0.04
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	100.0	73.3	20.0	100.0	0.06
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	100.0	73.3	20.0	100.0	0.06

Cerdos de 5-6 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticeros vs negativos.	67.0	70.0	57.0	78.0	0.070
Con cistic vesiculares vs cist caseosos y negativ	80.0	73.0	57.0	89.0	0.020
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	100.0	75.0	57.0	100.0	0.004
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	100.0	64.0	29.0	100.0	0.040

* Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticeros vesiculares contra caseosos era por lo menos de 1:1 el resto se tomó como no infectado

** Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticeros vesiculares contra caseosos era mayor de 1:1, el resto se tomó como no infectado

Cuadro 16
Características de EIT para detección de anticuerpos en cerdos de acuerdo
a diferentes criterios de infección. Tianquizolco, Gro México.

Cerdos de 2 a 6 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	56.3	75.0	60.0	72.0	0.020
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativ	61.5	74.0	53.3	80.0	0.014
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	57.0	66.0	26.7	88.0	0.110
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	50.0	63.9	13.3	92.0	0.290

Cerdos de 2 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	20.0	100.0	100.0	55.6	0.140
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativ	0.0	85.0	0.0	66.6	0.750
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	0.0	87.5	0.0	77.7	0.700
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	0.0	88.8	0.0	88.8	0.630

Cerdos de 4 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	50.0	70.0	50.0	70.0	0.210
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativ	60.0	72.7	50.0	80.0	0.100
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	0.0	60.0	0.0	90.0	0.780
razón vesiculares:caseosos > 1:1**	0.0	60.0	0.0	90.0	0.390

Cerdos de 5-6 meses

Evaluación a la necropsia	Sens	Espec	VP (+)	Vp (-)	P
Con cisticercos vs negativos.	100.0	67.0	63.0	100.0	0.007
Con cistic vesiculares vs cistic caseosos y negativ	100.0	67.0	63.0	100.0	0.007
razón vesiculares:caseosos = 1omás:1 *	100.0	60.0	50.0	100.0	0.020
razón vesiculares:caseosos > 1:1 **	100.0	50.0	25.0	100.0	0.090

* Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticercos vesiculares contra caseosos era por lo menos de 1:1 el resto se tomó como no infectado

** Se consideró infectados a aquellos cerdos cuya razón de cisticercos vesiculares contra caseosos era mayor de 1:1, el resto se tomó como no infectado

Cuadro 17
Relación de moscas capturadas y revisadas en
el aparato digestivo, para la identificación de
Taenia sp. Tianquizolco, Gro México.

Género	Número	Porcentaje
<i>Musca</i>	1174	98.90
<i>Stomoxys</i>	6	0.51
<i>Sarcophaga</i>	4	0.34
<i>Muscina</i>	1	0.08
<i>Taquinidos *</i>	1	0.08
<i>Fannia</i>	1	0.08
Total	1187	100.00

* Familia, no género

Cuadro 18.
Relación de muestras de heces obtenidas para el diagnóstico de *Taenia*
en humanos, por edad y sexo. Tianquizolco, Gro. México. 1996.

EDAD	TOTAL	Masculino	%	Femenino	%
0-9	99	56	13.90	43	10.67
10-19	105	47	11.66	58	14.39
20-29	33	8	1.99	25	6.20
30-39	45	14	3.47	31	7.69
40-49	43	20	4.96	23	5.71
50-59	32	9	2.23	23	5.71
60-69	28	9	2.23	19	4.71
70-79	15	5	1.24	10	2.48
80-89	3	1	0.25	2	0.50
TOTAL	403	169	41.94	234	58.06

Cuadro 19
Relación de muestras totales y positivas por sexo para diagnóstico de
***Taenia sp* por medio de coproantígeno, Tianquízolco Gro. 1995-1996**

SEXO	Número	%	Positivos	Porcentaje
HOMBRES	169	41.94	2	1.18
MUJERES	234	58.06	3	1.28
TOTAL	403	100.00	5	1.24

Cuadro 20.
Relación de positivos a *Taenia* con respecto a sexo y tenencia de cerdos y letrinas, mediante la prueba de coproantígeno.
Tianquizolco, Gro México

No	EDAD	SEXO	LETRINA	CERDOS
1	10*	M	NO**	8
2	13	F	NO**	0
3	38*	M	NO	6
4	48	F	NO	0
5	62	F	NO	10

* Se obtuvo *Taenia solium*

**inicialmente señalaron contar con letrina

Cuadro 21
Relación de personas evaluadas para la detección de anticuerpos
anti cisticercos en suero mediante la prueba de IET,
Tianquizolco Guerrero, México

Edad	Mujeres	Hombres	Total	Positivos	Sospechosos
0 a 10	3	3	6		1
11 a 20	16	7	23	1	1
21 a 30	12	2	14		
31 a 40	11	2	13		
41 a 50	7	2	9		
51 a 60	11	2	13		
más de 60	9	5	14	2	
Total	69	23	92	3	2

Cuadro 22.
Presencia de anticuerpos anti-cisticerco en personas
de acuerdo a presencia de un portador de *Taenia solium* dentro del
seno familiar en Tianquizolco, Guerrero, México.

		Resultado de la prueba*		
		Positivos	Negativos	Total
Taenia**	+	2	15	17
Taenia	-	1	74	75
Total		3	89	92

P = 0.0866 Prueba exacta de Fisher.

Razón de Momios = 9.87

*** Pba de IET**

**** Se consideró como positivos al teniasico o a algún miembro de su familia que vivía en el mismo domicilio.**

Cuadro 23.
Parámetros del modelo matemático de Teniosis/cisticercosis

Parámetros	Símbolo	Estimador
Grado de agregación ²⁴	k1 k2	0.03 (<i>Taenia</i>) 0.15 cisticercos cerdo
Coefficiente de transmisión de <i>Taenia</i>	β_1	0.05
Coefficiente de transmisión de metacestodos en cerdo.	β_2	0.5
Coefficiente de transmisión de metacestodos en el hombre	β_3	0.005
Proporción de parásitos que sobreviven a la madurez sexual	D1	$0.91 = \exp(-T1 (\mu_1 + b_1))$
Proporción de parásitos que sobreviven hasta alcanzar la infectividad (cerdos)	D2	$0.84 = \exp(-T2 (\mu_3 + b_2))$
Proporción de parásitos que sobreviven hasta alcanzar la infectividad en el hombre	D3	$0.964 = \exp(-T2 (\mu_4 + b_1))$
Tiempo desde que entra en el huésped definitivo hasta alcanzar su madurez sexual. ⁹	T1	0.166 = 2.0 meses
Tiempo desde que entra el huevo en el huésped intermediario hasta alcanzar un estadio infectivo ⁹	T2	0.125 = 1.5 meses
Proporción de huéspedes con <i>Taenia</i> ^{24,25,42,102}	H1	0.02 2%
Proporción de cisticercosis (cerdos) ⁹	H2	0.2 20%
Proporción de cisticercosis (humanos) ^{24,28,101,103}	H3	0.08 8%
Mortalidad en el huésped definitivo	b1	0.0167 = 60 años de vida
Mortalidad en el huésped intermediario	b2	0.607 = 8 meses
Severidad de la dependencia de la densidad (<i>Taenia</i>)	α_1	0.01
Severidad de la dependencia de la densidad (cerdos)	α_2	0.07
Severidad de la dependencia de la densidad (humanos)	α_3	0.95
Capacidad reproductiva de <i>Taenia</i> ⁹	λ	30 000 000 1.5 prog diarios
Mortalidad de <i>Taenia</i> en el hombre ⁹	μ_1	0.5 50%
Mortalidad de los huevos de <i>Taenia</i> en el ambiente ⁹	μ_2	50
mortalidad de los cisticercos en el cerdo ⁹	μ_3	0.97
Mortalidad de los cisticercos en el hombre ⁹	μ_4	0.2

Figura 1.
Ubicación de la comunidad rural de Tianquizolco, Guerrero, México.

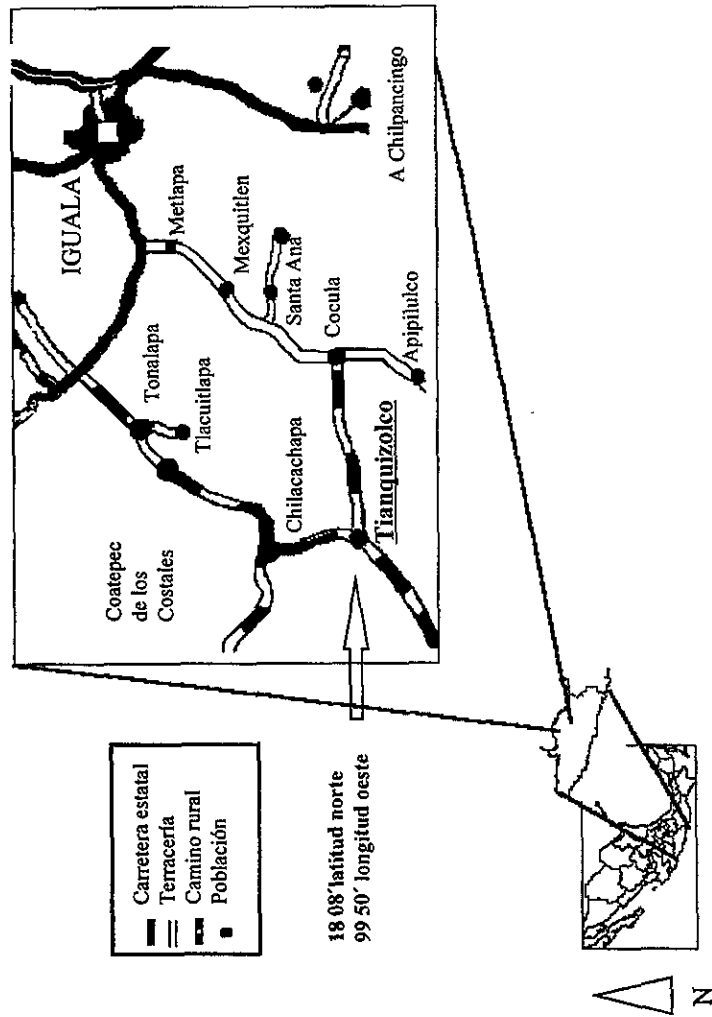


Figura 2.
Croquis de la comunidad y ubicación de sitios de referencia.

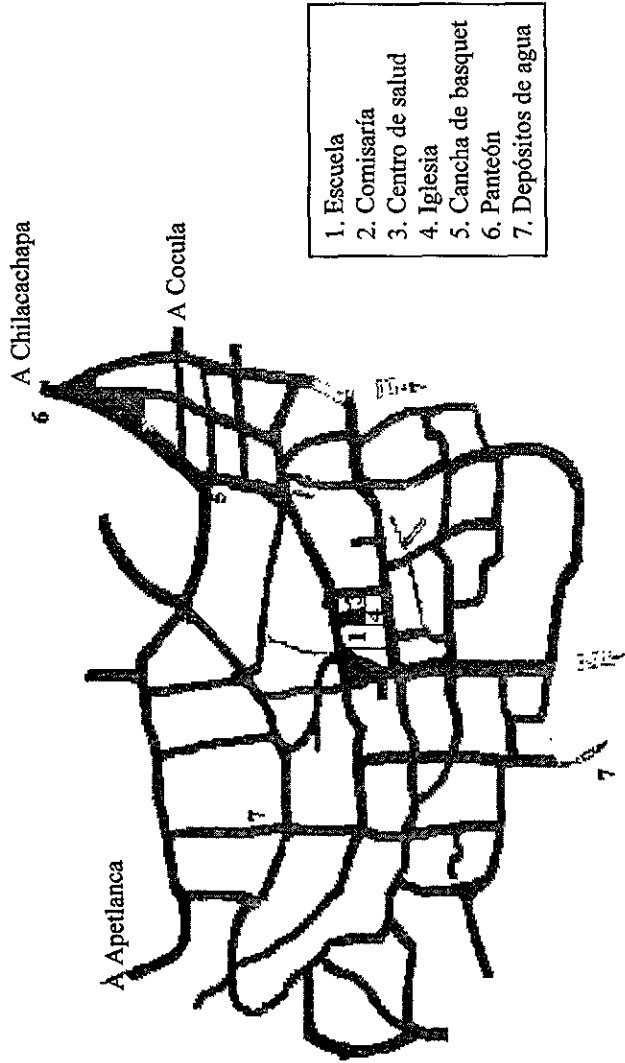


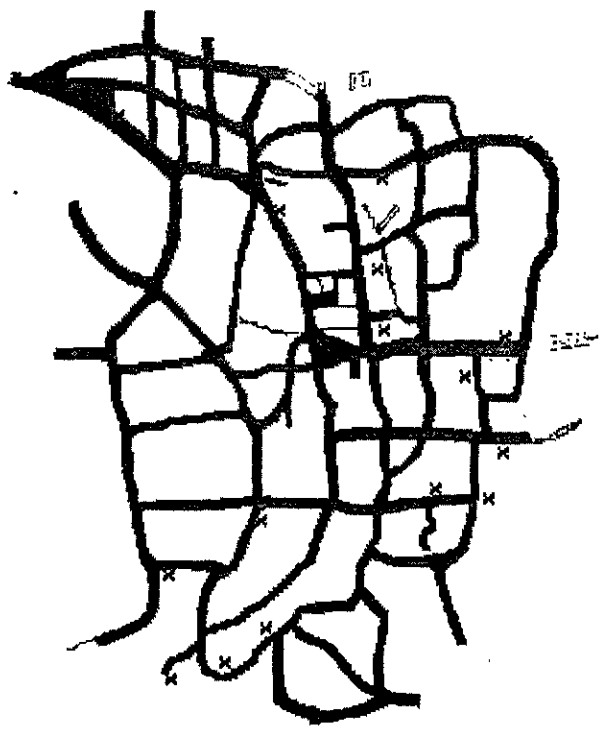


Figura 3. Inoculación experimental de huevos de *Taenia saginata* en un aparato digestivo de *Musca domestica*. x 20



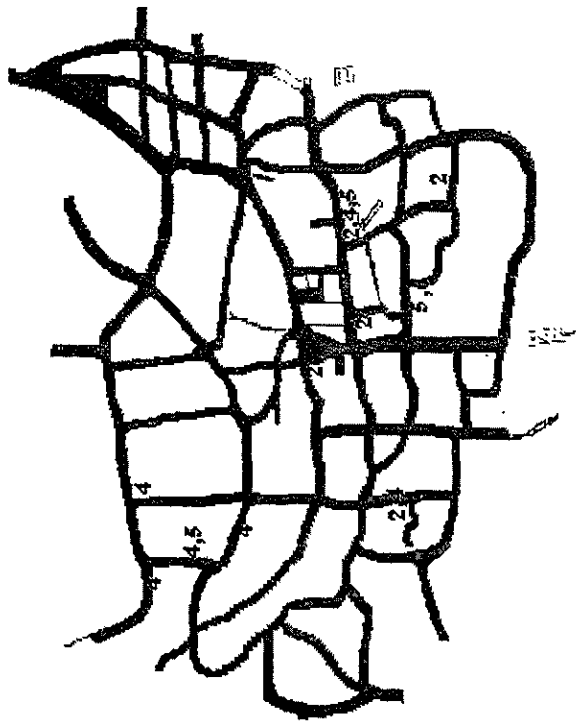
Figura 4. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico

Figura 5.
Ubicación de cerdos con cisticercos identificados mediante palpación en lengua. Tianquizolco, Guerrero, México



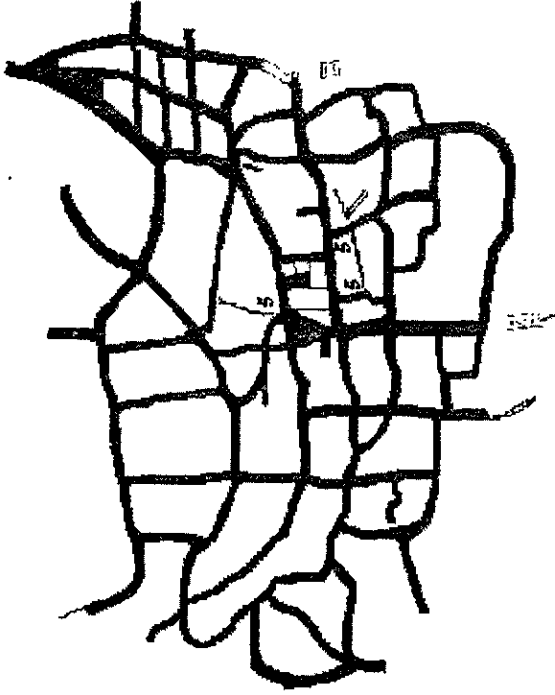
Las "x" representan el lugar procedencia de uno o más cerdos positivos

Figura 6.
Ubicación de cerdos con cisticercos durante la temporada de secas. Tlanquizolco, Guerrero.
México



Los números indican el lugar y edad de los cerdos positivos.

Figura 7.
Ubicación de cerdos con cisticercos durante la temporada de lluvias. Tlanquizolco, Gro. México



Los números indican el lugar y edad de los cerdos positivos.

Figura 8.
Ubicación de zonas de captura de moscas. Tlanquizolco Gro.
México

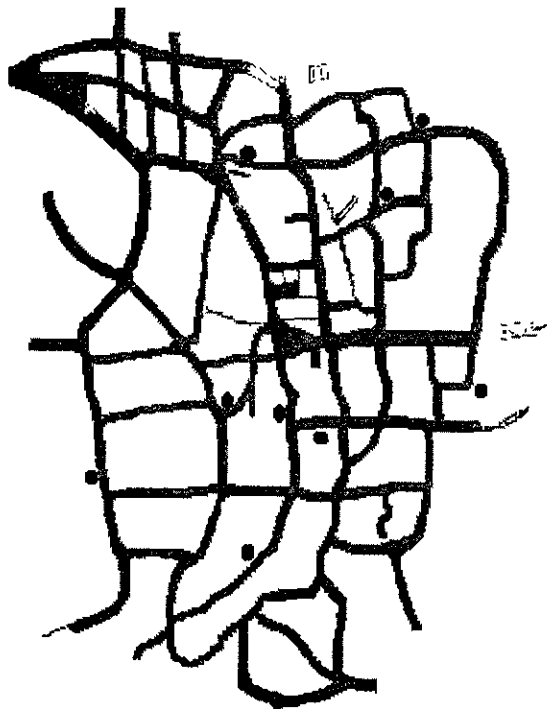


Figura 9.
Localización de casos positivos a coproantígeno, para la detección
de Teniosis. Tlanquizolco, Guerrero, México

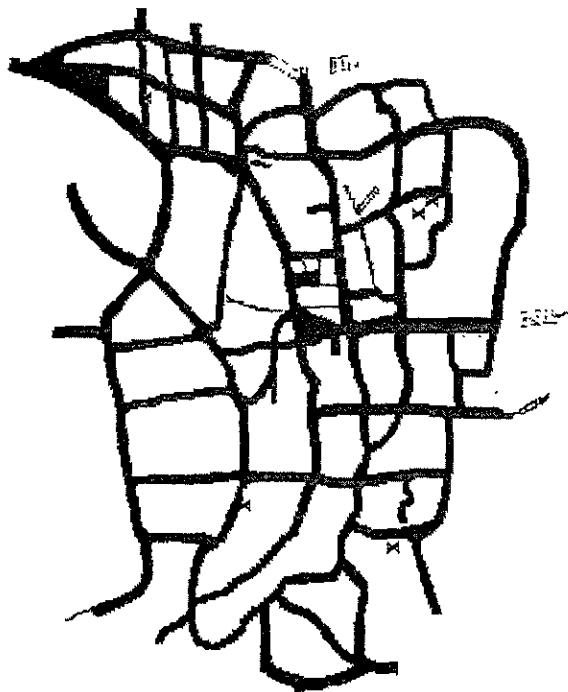


Figura 10.
Localización de seropositivos a cisticercos, mediante IET,
Tianquizolco, Guerrero, México

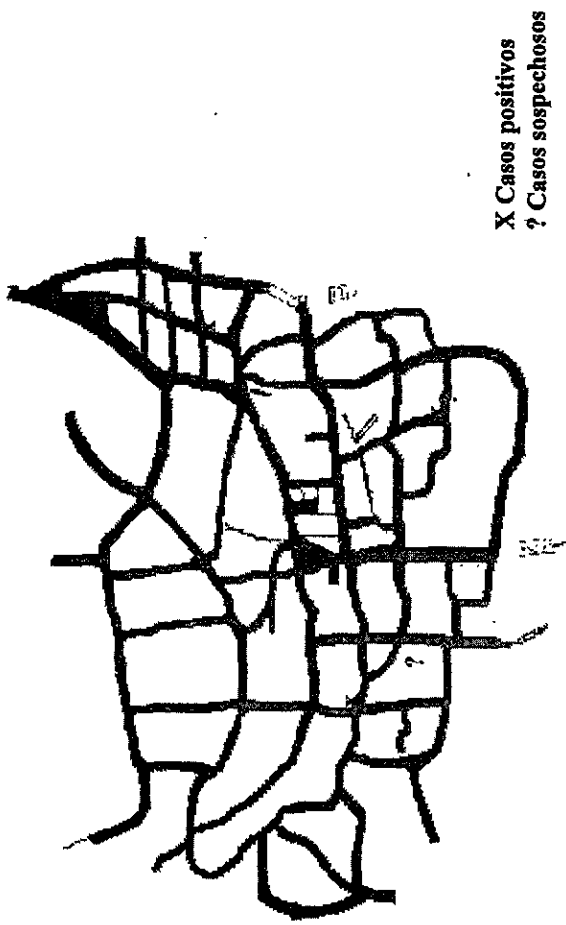
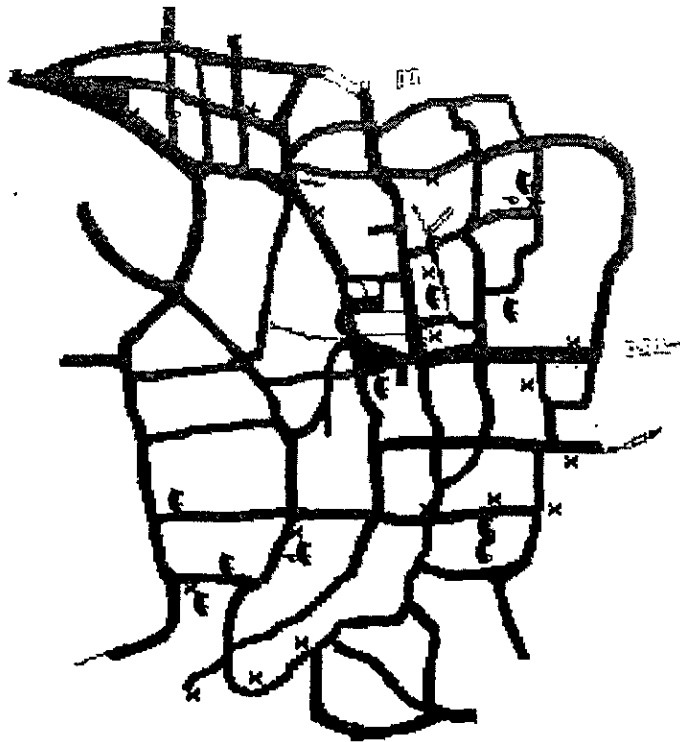


Figura 11. Ubicación de personas y cerdos positivos de acuerdo al diagnóstico de tenosis o cisticercosis. Tianquizolco, Gro. México.



- x = Cerdos positivos en lengua
- ☐ = Cerdos positivos a necropsia
- e = Personas positivas a coproantígeno
- ★ = Personas positivas a serología (EIT)

Figura 12.- Modelo epidemiológico de la teniosis -cisticercosis

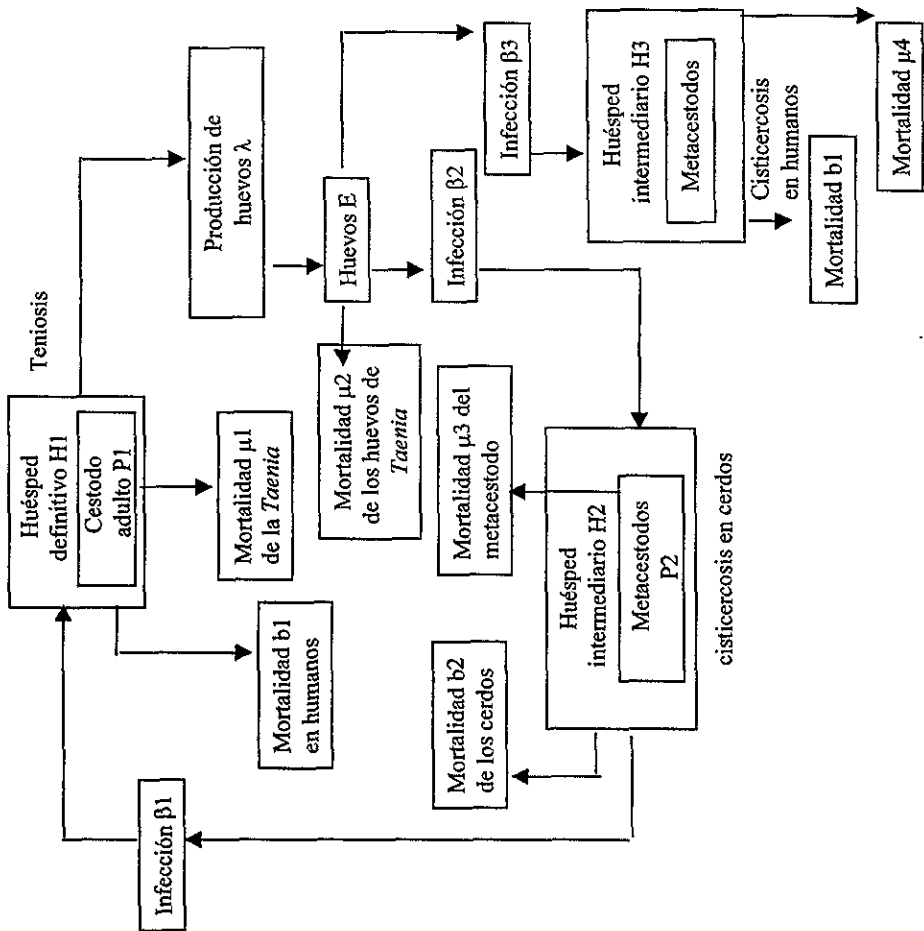


Figura 13. Intensidad media de carga parasitaria en los diferentes huéspedes de *Taenia solium*.

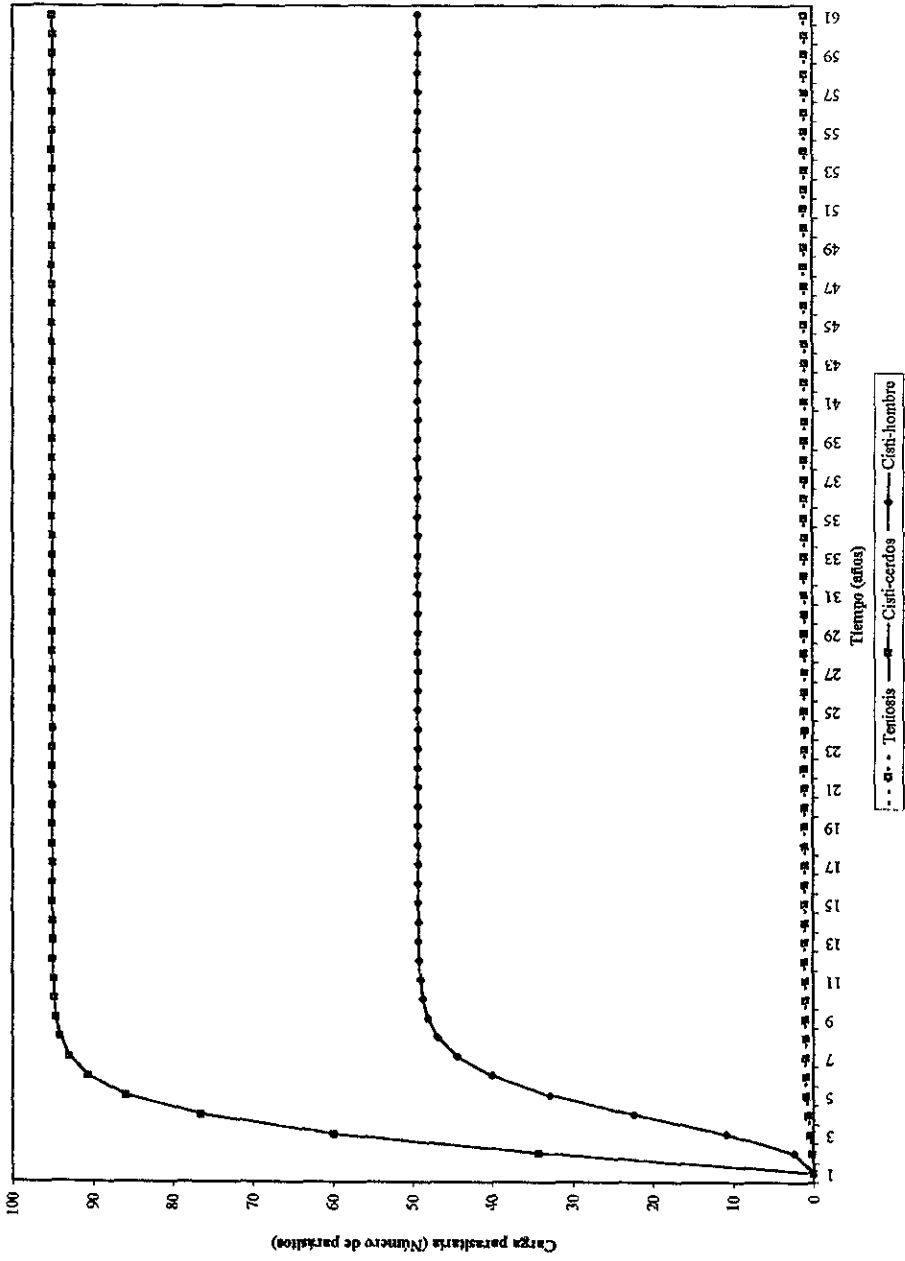


Figura 14. Relación entre los espacio fase de las variables en el modelo de Teniosis cisticercosis

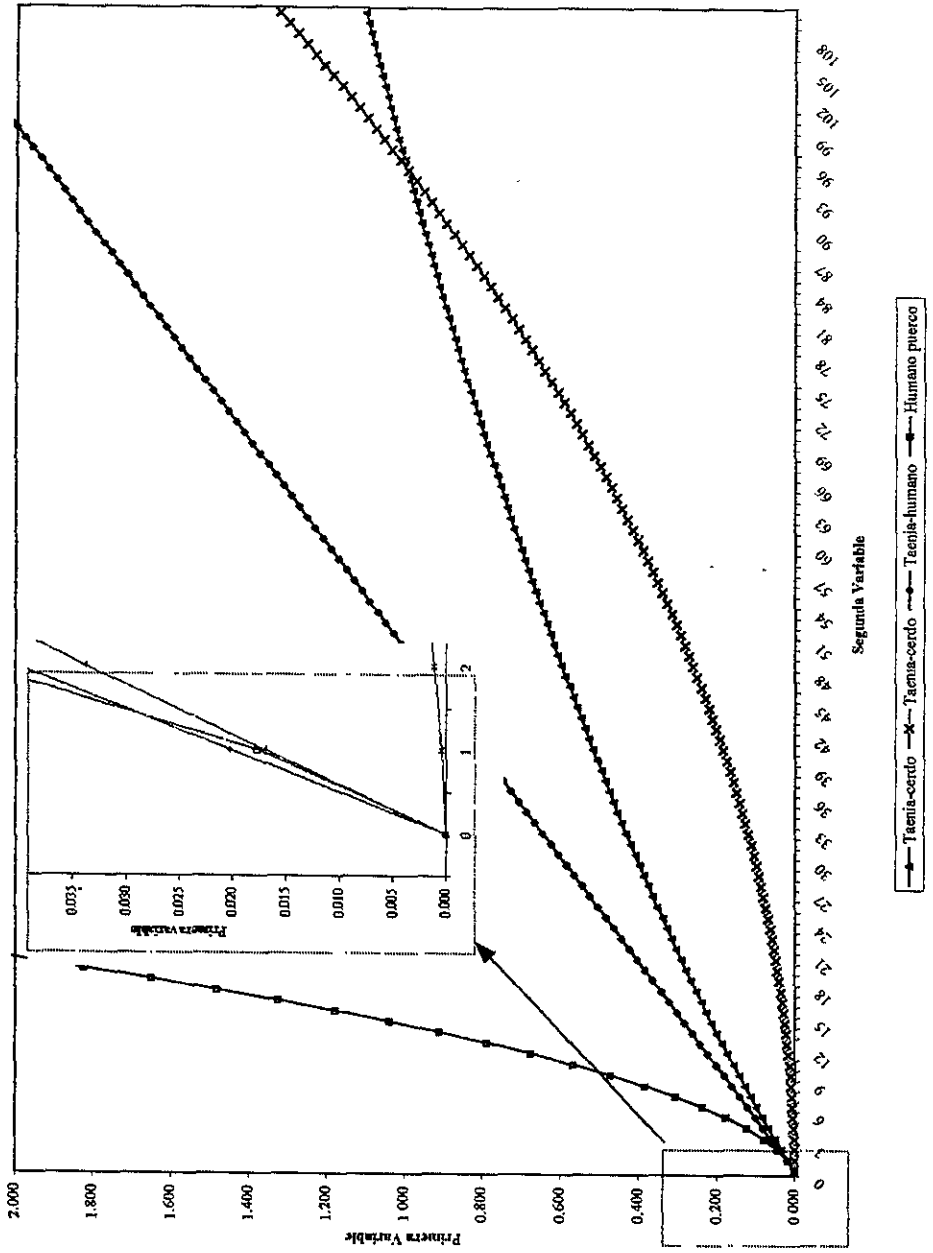




Figura 15. Niño defecando sobre una calle de la comunidad



Figura 16. Acceso a un baño, ubicado en la parte posterior de una vivienda, no cuenta con drenaje ni agua potable (en la encuesta señalaron que contaban con letrina, lo que resultó falso)

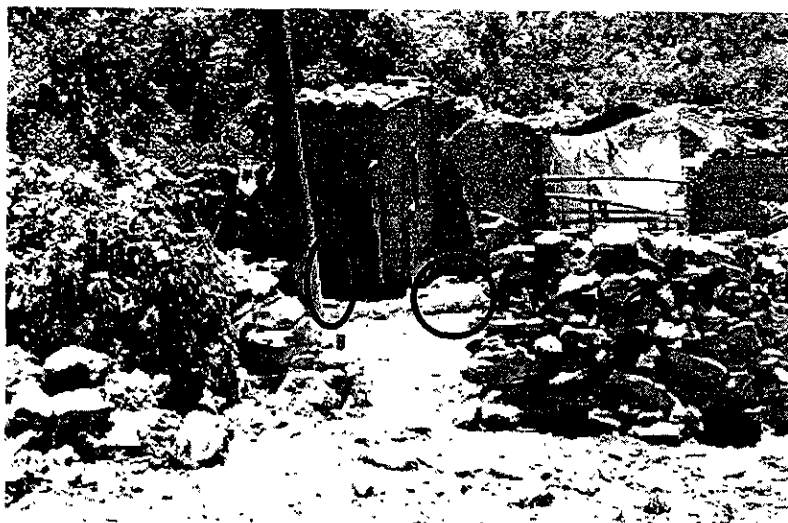


Figura 17. Vista posterior de un baño, el cual desemboca a un patio, sitio donde permanecen los cerdos.



Figura 18. Alimentación de cerdos con una cubeta de maíz frente a la casa del dueño.



Figura 19. Sacrificio de un cerdo por parte de personas de la propia comunidad, sin inspección veterinaria.

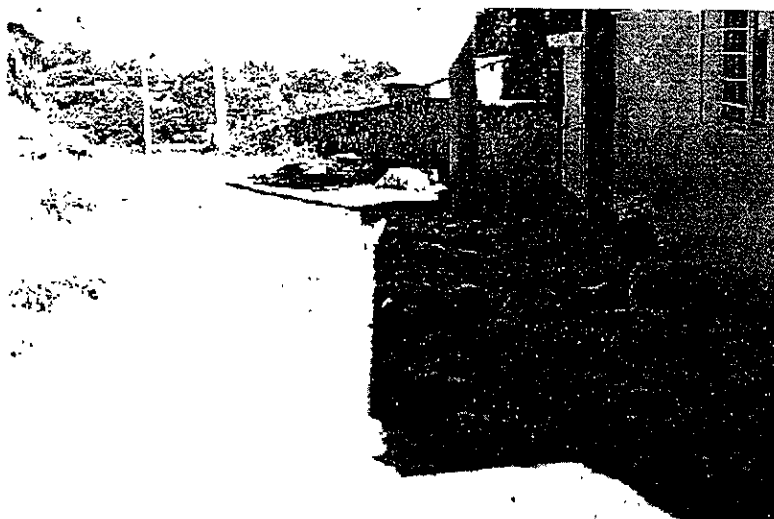


Figura 20. Grupo de cerdos descansando durante las horas de mayor insolación



Figura 21. Cerdo consumiendo materia fecal, pocos minutos después de su eliminación.



Figura 22. Interior del baño de la figura 15. Con un cerdo en espera de consumir las heces



Figura 23.Moscas sobre heces de origen humano



ANEXO 1
DINAMICA DE TRANSMISION DE
TENIASIS/CISTICERCOSIS EN UNA COMUNIDAD RURAL DE MEXICO

Cuest número _____

1. NOMBRE _____ 2. EDAD _____

3. DIRECCION _____

4. COMUNIDAD _____

5. DONDE NACIO USTED Y SU FAMILIA? _____

6. DESDE CUANDO VIVE QUI CON SU FAMILIA _____

7. CUANTOS MIEMBROS VIVEN EN LA CASA?

7-1- NIÑOS EDADES _____

7-2. ADULTOS EDADES _____

8. LA CASA CUENTA CON:

8.1.1 LETRINA SI NO

8.2. AGUA POTABLE SI NO

8.2.1. EN CASO NEGATIVO DONDE CONSIGUE EL AGUA PARA BEBER? _____

1. POZO 2. CISTERNA 3. ALJIBE 4. RIO

8.3. DISPONE DE DRENAJE? SI NO

8.3.1. EN CASO AFIRMATIVO, A DONDE LLEGA EL DRENAJE?

9. ACOSTUMBRA O PUEDE LAVARSE LAS MANOS DESPUES DE IR AL BAÑO SI NO

10. ACOSTUMBRA O PUEDE LAVARSE LAS MANOS ANTES DE COMER SI NO

11. TIENE ANIMALES DOMESTICOS (PONGA EL NUMERO EN LA LINEA) SI NO

11.1 BOVINOS _____ 11.2 OVINOS _____

11.3 POLLOS _____ 11.4 CABRAS _____

11.5 CERDOS _____ 11.5 PERROS _____

11.3. CUANTOS CERDOS TIENE?

No CERDAS _____

No MACHOS _____

1-2 MESES _____

2 MESES O MAS _____

12. ACOSTUMBRA COMPRAR SUS FUERCOS EN OTROS LUGARES?

12.1 EN CASO AFIRMATIVO DONDE?

13. SUS CERDOS POR LO REGULAR _____

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. SIEMPRE ESTAS CONFINADOS | 2. SOLO ESTAN EN CASA |
| 3. SALEN Y ENTRAN CERCA DE LA CASA | 4. A VECES DEAMBULAN LEJOS DE LA CASA |

14. OUE ACOSTUMBRAN COMER SUS CERDOS

- | | | |
|----------------|--------------------|---------------------|
| 1. CONCENTRADO | 2. DESP. DE COMIDA | 3. Lo QUE ENCUENTRA |
| 4. DESCONOCE | 5. LA BASURA | 6. MAIZ |
| 7. OTROS _____ | | |

15 APROXIMADAMENTE CUANTOS LECHONES NACEN POR CAMADA?

16. CUALES SON LAS CAUSAS MAS COMUNES DE MUERTE DE SUS LECHONES?

17. DE LOS NACIDOS. APROXIMADAMENTE CUANTOS SE MUEREN DURANTE LOS 2 PRIMEROS MESES

18. A OUE EDAA Y PESO VENDE SUS CERDOS?

EDAD _____ PESO _____

19. CONOCE O A VISTO AL GRANILLO, TOMATE, GRANIZO, ZAHUATE-

EN SUS CERDOS

SI	NO
----	----

EN OTROS CERDOS

SI	NO
----	----

20. ACOSTUMBRA CONSUMIR CARNE DE CERDO?

SI	NO
----	----

21. ALGUNA VEZ A PROBADO LA CARNE DE CERDOO CON GRANIZO, TOMATE, ETC?

SI	NO
----	----

22. HA OIDO HABLAR DE LA CISTCERCOSIS

SI	NO
----	----

23. PADECE USTED O ALGUIEN DE SU FAMILIA DE SINTOMAS NERVIOSOS?

DOLORES DE CABEZA

SI	NO
----	----

CONVULSIONES

SI	NO
----	----

DESMAYOS

SI	NO
----	----

24. SABE USTED DE PERSONAS QUE PADEZCAN LOS SINTOMAS ANTERIORES?

SI	NO
----	----

25. QUIENES

Anexo 2

Tablas de contingencia para la evaluación de IET de acuerdo a diferentes criterios diagnósticos

2 a 6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
9	6	15
7	18	25
16	24	40
Se	56 Vp+	60
Es	75 Vp-	72

vesiculares		
pos	neg	tot
8	7	15
5	20	25
13	27	40
Se	62 Vp+	53
Es	74 Vp-	80

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
4	11	15
3	22	25
7	33	40
Se	57 Vp+	27
Es	67 Vp-	88

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
2	13	15
2	23	25
4	36	40
Se	50 Vp+	13
Es	64 Vp-	92

2 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
1	0	1
4	5	9
5	5	10
Se	20 Vp+	100
Es	100 Vp-	56

vesiculares		
pos	neg	tot
0	1	1
3	6	9
3	7	10
Se	0 Vp+	0
Es	86 Vp-	67

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
0	1	1
2	7	9
2	8	10
Se	0 Vp+	0
Es	88 Vp-	78

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
0	1	1
1	8	9
1	9	10
Se	0 Vp+	0
Es	89 Vp-	89

4 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
3	3	6
3	7	10
6	10	16
Se	50 Vp+	50
Es	70 Vp-	70

vesiculares		
pos	neg	tot
3	3	6
2	8	10
5	11	16
Se	60 Vp+	50
Es	73 Vp-	80

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
0	6	6
1	9	10
1	15	16
Se	0 Vp+	0
Es	60 Vp-	90

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
1	6	7
1	9	10
2	15	17
Se	50 Vp+	14
Es	60 Vp-	90

5-6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
5	3	8
0	6	6
5	9	14
Se	100 Vp+	63
Es	67 Vp-	100

vesiculares		
pos	neg	tot
5	3	8
0	6	6
5	9	14
Se	100 Vp+	63
Es	67 Vp-	100

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
4	4	8
0	6	6
4	10	14
Se	100 Vp+	50
Es	60 Vp-	100

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
2	6	8
0	6	6
2	12	14
Se	100 Vp+	25
Es	50 Vp-	100

Tablas de contingencia para la evaluación de ELISA para la detección de anticuerpos , bajo diferentes criterios diagnósticos

2 a 6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
7	6	13
10	19	29
17	25	42
Se	41 Vp+	54
Es	76 Vp-	66

vesiculares		
pos	neg	tot
7	6	13
6	23	29
13	29	42
Se	54 Vp+	54
Es	79 Vp-	79

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
5	8	13
2	27	29
7	35	42
Se	71 Vp+	38
Es	77 Vp-	93

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
3	10	13
1	28	29
4	38	42
Se	75 Vp+	23
Es	74 Vp-	97

2 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
0	1	1
5	4	9
5	5	10
Se	0 Vp+	0
Es	80 Vp-	44

vesiculares		
pos	neg	tot
0	1	1
3	6	9
3	7	10
Se	0 Vp+	0
Es	86 Vp-	67

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
0	1	1
2	7	9
2	8	10
Se	0 Vp+	0
Es	88 Vp-	78

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
0	1	1
1	8	9
1	9	10
Se	0 Vp+	0
Es	89 Vp-	89

4 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
3	2	5
3	8	11
6	10	16
Se	50 Vp+	60
Es	80 Vp-	73

vesiculares		
pos	neg	tot
3	2	5
2	9	11
5	11	16
Se	60 Vp+	60
Es	82 Vp-	82

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
1	4	5
0	11	11
1	15	16
Se	100 Vp+	20
Es	73 Vp-	100

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
1	4	5
0	11	11
1	15	16
Se	100 Vp+	20
Es	73 Vp-	100

5-6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
4	3	7
2	7	9
6	10	16
Se	67 Vp+	57
Es	70 Vp-	78

vesiculares		
pos	neg	tot
4	3	7
1	8	9
5	11	16
Se	80 Vp+	57
Es	73 Vp-	89

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
4	3	7
0	9	9
4	12	16
Se	100 Vp+	57
Es	75 Vp-	100

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
2	5	7
0	9	9
2	14	16
Se	100 Vp+	29
Es	64 Vp-	100

Tablas de contingencia para la evaluación de ELISA para la detección del antígeno HP10, bajo diferentes criterios diagnósticos

2 a 6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
8	13	21
9	12	21
17	25	42
Se	47 Vp+	38
Es	48 Vp-	57

vesiculares		
pos	neg	tot
7	14	21
6	15	21
13	29	42
Se	54 Vp+	33
Es	52 Vp-	71

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
5	16	21
2	19	21
7	35	42
Se	71 Vp+	24
Es	54 Vp-	90

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
3	18	21
1	20	21
4	38	42
Se	75 Vp+	14
Es	53 Vp-	95

2 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
2	2	4
3	3	6
5	5	10
Se	40 Vp+	50
Es	60 Vp-	50

vesiculares		
pos	neg	tot
2	2	4
1	5	6
3	7	10
Se	67 Vp+	50
Es	71 Vp-	83

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
2	2	4
0	6	6
2	8	10
Se	100 Vp+	50
Es	75 Vp-	100

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
1	3	4
0	6	6
1	9	10
Se	100 Vp+	25
Es	67 Vp-	100

4 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
4	5	9
2	5	7
6	10	16
Se	67 Vp+	44
Es	50 Vp-	71

vesiculares		
pos	neg	tot
3	6	9
2	5	7
5	11	16
Se	60 Vp+	33
Es	45 Vp-	71

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
1	8	9
0	7	7
1	15	16
Se	100 Vp+	11
Es	47 Vp-	100

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
1	8	9
0	7	7
1	15	16
Se	100 Vp+	11
Es	47 Vp-	100

5-6 meses

Necropsia		
pos	neg	tot
2	6	8
4	4	8
6	10	16
Se	33 Vp+	25
Es	40 Vp-	50

vesiculares		
pos	neg	tot
2	6	8
3	5	8
5	11	16
Se	40 Vp+	25
Es	45 Vp-	63

Razón ves 1 o más		
pos	neg	tot
2	6	8
2	6	8
4	12	16
Se	50 Vp+	25
Es	50 Vp-	75

Razón vesic > 1		
pos	neg	tot
1	7	8
1	7	8
2	14	16
Se	50 Vp+	13
Es	50 Vp-	88

Epidemiología de la cisticercosis en cerdos de una comunidad rural del estado de Guerrero, México

José Juan Martínez Maya*
Aline S. de Aluja**
Nelly Martínez Villalobos***
Carlos J. Jaramillo Arango*
Michael Gemmell+

Abstract

With the objective to evaluate cysticercosis in pigs in a rural community, a study was undertaken to establish different aspects such as: its frequency in tongues of pigs, the characteristics of the community that favour the transmission of the disease, the age of first infection in pigs euthanized at the ages of 2, 4, 5 and 6 months, and a possible seasonal variation. Tongue examinations were done in 151 pigs, and 13.2% of them were found positive. A survey of 146 homes (of a total of 184), revealed that 100% have no drinking water, 97.2% no drainage, 71.9% no latrines, and 67.8% own pigs of which 88.9% roam freely in the streets. Out of 52 postmortem studies 32% were infected with the metacestode of *Taenia solium*. There were more positive cases with the increasing age factor but this was statistically not significant ($P < 0.05$). There was a seasonal variation. Groups of piglets at 2 months of age were infected during the dry hot season, while during the cooler rainy season, the infection was not found in pigs under 5 months of age. Further studies on the transmission dynamics are necessary.

Key words: CYSTICERCOSIS, PIGS, EPIDEMIOLOGY.

Resumen

Con el fin de evaluar la dinámica de transmisión de la cisticercosis porcina, se buscó: a) Determinar su frecuencia mediante el diagnóstico en vivo en lengua; b) conocer mediante una encuesta, algunas características de la población que favorecen la transmisión de la enfermedad; c), establecer la edad de primoinfección en cerdos mediante el sacrificio y examen de cerdos de 2, 4, 5 y 6 meses de edad y su posible variación estacional. Durante el examen de lengua, se encontraron 20 positivos de 151 cerdos evaluados (13.2%). Se realizó una encuesta en 146 (79.3%) de 184 viviendas. En general la comunidad presenta condiciones

Recibido el 11 de marzo de 1997 y aceptado el 21 de agosto de 1997.

- * Departamento de Medicina Preventiva, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
- ** Departamento de Patología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
- *** Departamento de Parasitología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.
- + Department of Clinical Veterinary Medicine, University of Cambridge, Madingley Road, Cambridge, CB30ES, UK

propicias para la transmisión de la enfermedad al carecer de agua potable en 100%, drenaje en 97.2% y letrinas en 71.9%. El 67.8% tiene cerdos y de éstos, el 88.9% deambula libremente en la comunidad. Con respecto al hallazgo de cisticercosis en cerdos de diferentes edades, en 52 animales sacrificados se encontraron 17 positivos (32%); aunque hubo una mayor proporción de positivos a mayor edad, no se encontró una tendencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$); sin embargo, se encontró diferencia entre la frecuencia de cisticercosis entre las épocas del año, ya que mientras en temporada de lluvias se identificó al metacestodo a los 5 meses de edad, en temporada de secas se halló desde los 2 meses de edad ($P < 0.05$). Es necesario continuar con estudios que permitan determinar con mayor exactitud la dinámica de transmisión de la cisticercosis en los cerdos, la importancia de la inmunidad en dicha transmisión y la razón por la cual la frecuencia de infecciones con gran número de metacestodos se presenta sólo en pocos cerdos.

Palabras clave: CERDOS, CISTICERCOSIS, EPIDEMIOLOGIA.

Introducción

La teniasis-cisticercosis producida por *Taenia solium* está ampliamente distribuida en el ámbito mundial. En países desarrollados ha sido controlada^{1,2} pero sigue siendo un problema en países en vías de desarrollo.³ En México la cisticercosis en cerdos es enzoótica, con una frecuencia en mataderos de 0.004% a 12%,^{4,5} este porcentaje puede ser mayor si se considera que 35% de la producción porcina es sacrificada sin inspección sanitaria,⁶ sobre todo en comunidades rurales, donde no se cuenta con matadero y se carece de drenaje, lo cual favorece las condiciones para la continuidad del ciclo biológico.^{6,7,8}

Una técnica común para la detección de cisticercosis porcina cuando el animal aún está vivo, es a través de su hallazgo en lengua, aunque dicha técnica diagnóstica no es muy confiable debido a su baja sensibilidad, es la forma más práctica de evaluar su frecuencia.⁹ Además, por la posibilidad de diagnosticar falsos negativos no es sencillo determinar la prevalencia, incluso se señala que la búsqueda rutinaria durante la inspección sanitaria no es del todo confiable.¹⁰

Las condiciones en las que se realiza la transmisión de huevos o metacestodos de *T. solium* se favorecen como consecuencia de la exposición a factores de riesgo, como: la convivencia con un portador del cestodo adulto, el bajo nivel económico de los individuos, inadecuada higiene personal, falta de letrinas y carencia de drenaje, agua potable y pavimento, así como la coprofagia en cerdos.^{3,7,11,12}

La dinámica poblacional de los cestodos está estrechamente vinculada a factores inherentes al parásito, al huésped y al ambiente. Dentro del agente, es la presión de infección básica en la transmisión de la *Taenia*,¹³ es decir, la cantidad de huevos dispersos en el medio y la probabilidad de ser ingeridos y desarrollarse al siguiente estadio. Para lograr el establecimiento en el huésped, el huevo debe ser infectante, lo cual se ve afectado por el tiempo que ha sido expuesto al medio y el grado de daño que éste le haya causado.¹⁴ Estudios hechos para determinar la capacidad de sobrevivencia de huevos de otras especies de *Taenia*, han demostrado que pueden sobrevivir hasta 300 días bajo condiciones óptimas; sin embargo, a temperaturas de 37°C-39°C viven poco más de una semana.¹⁵

La probabilidad de infección en la población susceptible es mayor si la presión se ejerce con gran cantidad de huevos que contaminen el medio,^{16,17} lo cual resulta posible al encontrar que *T. solium* elimina 1 o 2 proglótidos con hasta 50,000 huevos por proglótido diariamente.

La presión de infección es mayor en lugares donde el fecalismo ambiental es común y la dispersión de los huevos juega un papel importante, a través de vehículos o vectores.^{18,19} Dentro de estos últimos Lawson y Gemmell²⁰ han demostrado su participación en la transmisión de huevo de *Taenia*.

En el huésped intermediario, la inmunidad contra los metacestodos de algunas *Taenias*, se genera después de una exposición, incluso sin el establecimiento del parásito.^{14,21} Además, si la presión de la infección permanece constante durante el tiempo de vida del huésped, se puede evaluar el estado endémico o hiperendémico en una región.²¹

A pesar de la información existente sobre el tema, son relativamente pocos los trabajos que se han ocupado de la epidemiología de la cisticercosis en los cerdos.

En virtud de lo anterior y de que la enfermedad es endémica en México, es necesario determinar la situación que presenta la cisticercosis por *Taenia solium* en cerdos, con el fin de contribuir a la comprensión de su epidemiología.

Los objetivos fueron:

- Determinar la frecuencia de cisticercosis porcina mediante el diagnóstico en vivo de lengua.
- Conocer, mediante una encuesta, las condiciones en la población que favorecen la transmisión de la enfermedad.
- Establecer la edad de primoinfección en cerdos, mediante el sacrificio y examen de cerdos de 2, 4, 5 y 6 meses de edad y su posible variación estacional.

Material y métodos

El trabajo se realizó en la comunidad rural de Tianquizolco, Guerrero, México, de 1994 a 1996. Este poblado tiene 892 habitantes en 182 viviendas,²² se localiza a aproximadamente 70 km al suroeste de la ciudad de Iguala, Guerrero, México. Se ubica a 1100 msnm y presenta un clima caliente subhúmedo. La zona es endémica a cisticercosis porcina, en la comunidad los cerdos deambulan libremente.

Cuadro 1
CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDAS EN RELACION
CON ALGUNOS SERVICIOS Y TENENCIA DE CERDOS
EN LA COMUNIDAD RURAL DE TIANQUIZOLCO,
GUERRERO, MEXICO, 1995*

Características de las viviendas	Si	%	No	%
Letrinas	41	28.0	105	71.9
Agua Potable	0	0.0	146	100.0
Drenaje	4	2.7	142	97.2
Tenencia de cerdos	99	67.8	47	32.1

*Se contestó un total de 146 cuestionarios, de 184 viviendas (79.34%).

Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina

Se realizó mediante un examen de lengua de cerdos vivos de diferentes edades en la comunidad. En virtud de que se desconoce la prevalencia local de la enfermedad en esta especie, se evaluaron 151 cerdos de distintos lugares y edades en la comunidad, según la anuencia de los dueños. Con esta información se obtuvo la frecuencia como un estimador de prevalencia y la ubicación espacial de los positivos.

Aspectos relacionados con la tenencia de los cerdos y características de la comunidad

Se obtuvo información mediante una encuesta a fin de establecer las características de la población en relación con servicios, tenencia y alimentación de cerdos y aspectos que favorezcan la transmisión: por ejemplo, disponibilidad de agua potable y tenencia de letrinas.

Determinación de la edad de primoinfección en cerdos

Se realizó mediante la compra, sacrificio humanitario e inspección de 52 cerdos con edades de 2, 4, 5, y 6, meses. Aunque se determinó un tamaño mínimo de muestra,²³ no fue posible su aplicación ya que la compra y sacrificio dependió de la disponibilidad de los propietarios para vender sus animales. En los cerdos se buscó el metacestodo de *Taenia solium*, por medio de disección y cortes de aproximadamente 1 cm de grosor en todos los músculos, hígado, pulmones y cerebro.

A fin de establecer variaciones estacionales en la infección tanto en la incidencia como la presión de infección, se realizaron 2 veces estas evaluaciones; una en periodo de lluvias (julio a octubre de 1994) y otra en tiempo de secas (diciembre de 1994 a abril de 1995), los cerdos evaluados en cada temporada nacieron al inicio del periodo y se sacrificaron durante el transcurso del mismo.

Cuadro 2
PRINCIPALES ESPECIES DOMESTICAS, TIANQUIZOLCO,
GUERRERO, MEXICO

Tipo de animales	Número de propietarios	Total de animales
Bovinos	65	291
Suinos	99	508
Caninos	127	459
Ovinos	1	4
Caprinos	1	7

* El total de encuestados fue 146.

Resultados

Determinación de la frecuencia de la cisticercosis porcina

Se les revisó la lengua a 151 cerdos en la comunidad, 20 (13.2%) dieron resultado positivo.

Aspectos relacionados con la tenencia de cerdos

La encuesta se aplicó en 146 de 184 viviendas (79.3%), se obtuvo la siguiente información: El 100% de la población carece de agua potable, mientras que 142 familias (97.2%) carecen de drenaje. En 105 casas no se cuenta con letrina (71.9%) (Cuadro 1)

Respecto a la tenencia de cerdos, destaca que es la principal especie criada por la comunidad, ya que 99 familias (67.8%) criaban un total de 508 cerdos; de estos criadores, sólo 17 (17.1%) mantienen confinados a 56 animales (11%), el resto de estos últimos deambula libremente (Cuadros 2 y 3).

Si bien se señala que el maíz es el principal alimento de los cerdos (100%), gran parte de la dieta es buscada por los animales durante el día, en ella se incluyen las excretas de personas, en algunos casos las áreas destinadas como "sanitarios" están diseñadas para que los cerdos tengan acceso directo a los desechos.

Cuadro 3
TIPO DE ALOJAMIENTO EN CERDOS EN VIVIENDAS
DE LA COMUNIDAD RURAL DE TIANQUIZOLCO,
GUERRERO, MEXICO, 1996

Tipo de alojamiento de cerdos	Número de viviendas	%	Número de animales	%
Confinado	17	17.1	56	11
Deambulan libremente	82	82.8	452	88.9
Total	99	100	508	100

Cuadro 4
FRECUENCIA DE CERDOS POSITIVOS* A METACESTODOS DE *T. solium* POR EDAD, EN LA COMUNIDAD RURAL DE TIANQUIZOLCO, GUERRERO, MEXICO

Edad en meses	Número de animales	Número de positivos	Frecuencia positivos	Razón de momios	Localización
2	20	5	25.0	1.0%	Hígado
4	16	6	37.5	1.5%	Hígado, músculos
5	14	5	35.7	2.25	Músculos, hígado
6	2	1	50.0	3.0%	Músculos, hígado, cerebro
Total	52	17	32.6		

Ji-cuadrada para tendencia ($P = 0.3868$).

* Evaluados *post mortem*.

Determinación de la edad de primoinfección en cerdos

De los 52 cerdos revisados de 2, 4, 5 y 6 meses de edad, 17 (32.6%) resultaron positivos (Cuadro 4). Según la edad, se observó un incremento en la frecuencia de infección, tanto de manera general como por temporada (secas y lluvias), siendo mayor entre los 5 y 6 meses (Cuadro 4); si bien se observa que la razón de momios se incrementa con la edad (OR), no se encontró una tendencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$) mediante la prueba de Ji cuadrada para tendencia.

Con respecto a la presencia de cisticercosis entre las temporadas de lluvias y de secas, no se encontró diferencia

entre las proporciones de infectados por edad, pero se halló diferencia en la frecuencia de infección global entre temporadas del año; por otro lado, mientras que durante la época de lluvias se detectaron metacestodos hasta los 5 meses, durante la temporada de secas se encontraron desde los 2 meses ($P < 0.05$) (Cuadro 5).

Discusión

Frecuencia en cerdos

Si bien el hallazgo del 13% de cerdos infectados con cisticercosis en lengua es un indicador de la situación de la enfermedad, es posible estimar la prevalencia real²⁴ a través del conocimiento de la sensibilidad y especificidad de la prueba, que de acuerdo con Plancarte *et al.*,²⁵ es de 60% y 99%, respectivamente; con esta información se obtiene que la prevalencia real debe ser de aproximadamente 20%, lo cual implica una frecuencia importante comparada con las frecuencias notificadas en rastros.

Características de las viviendas

De acuerdo con los resultados de la encuesta, las condiciones que prevalecen en la comunidad, permiten la continuidad del problema y coinciden con lo encontrado por Larralde *et al.*,⁷ en la encuesta serológica de 1991 en México para determinar cisticercosis, donde se encontró mayor riesgo en sitios donde la disposición de excretas y la calidad del agua es deficiente; de hecho en condiciones con diferentes grados de urbanización es posible encontrar la enfermedad, como señalan Díaz *et al.*²⁶

Edad de primoinfección

El hecho de que en los cerdos sacrificados de 2 meses durante la temporada de secas, se hayan encontrado metacestodos de *Taenia solium*, indica el contacto temprano y continuo de esta parasitosis, a pesar de ello, el número de

Cuadro 5
FRECUENCIA DE CERDOS POSITIVOS* A METACESTODOS DE *T. solium* POR EDAD Y POR TEMPORADA DEL AÑO, EN LA COMUNIDAD RURAL DE TIANQUIZOLCO, GUERRERO, MEXICO

Temporada	Edad de positivos	Número	Total	Positivos
Lluvias	2	0	10	0
	4	0	8	0
	5	3	6	50
Secas	2	5	10	50
	4	6	10	60
	5	2	8	25
	6**	1	2	50

* Evaluados *post mortem*.

** Sólo se sacrificaron 2 cerdos de esta edad.

Diferencia entre temporadas (proporciones positivas, signo Wilcoxon) ($P = 0.22$).

Diferencia entre temporadas (proporciones globales, Fisher) ($P = 0.0068$).

parásitos encontrados por animal no indica una infección reciente, lo cual hace pensar en un contacto continuo y limitado, donde la inmunidad puede jugar un papel importante.

La variación entre la edad de primoinfección entre los cerdos sacrificados en las épocas de secas y de lluvias, puede explicarse por algunos patrones conductuales en los cerdos. Copado,²⁷ en un estudio realizado con cerdos en semiconfinamiento, encontró que si bien el consumo de alimento y en particular excremento humano por parte de los cerdos está dado en función de jerarquía en el grupo, en condiciones extremas de temperatura y humedad relativa durante la temporada de secas, el sistema de termorregulación en los adultos hace que éstos disminuyan su actividad durante ciertas horas del día (12 a 3 pm), lo que podría permitir una relativa mayor oportunidad a los jóvenes para consumir excremento, o para llegar primero a él, y así favorecer el contacto con el parásito desde prácticamente el primer mes de vida. Además durante esta temporada (secas) los cerdos tienden a permanecer dentro de la comunidad, mientras que en época de lluvias, durante parte del día buscan alimento fuera de la población, con radios de hasta 2 km. Para cuando los cerdos son adultos y tienen mayor contacto con el excremento, han tenido una exposición circunstancialmente continua con el parásito, esta circunstancia puede favorecer un estado de inmunidad a la infección.

Destaca el hecho de que las lesiones en cerdos jóvenes se presentaron en hígado y sólo hasta los 5 y 6 meses se encontraron en músculos e incluso una ocasión se localizó en cerebro, lo cual puede deberse a una posible forma de distribución de los embriones; esta situación sugiere que el grado de deterioro de los cisticercos en hígado es mayor, y podría explicar que en cerdos adultos prácticamente sólo se observa en músculo.

Si bien en los primeros estadios pudiera existir confusión entre los cisticercos de *T. solium* y *T. hydatigena*, estos últimos presentan lesiones características en la cápsula de Glisson,²⁸ que no fueron observadas.

En conclusión es posible aseverar que el problema en los cerdos criados en semiconfinamiento es más complejo de lo que se creía, aparentemente la dinámica de la enfermedad está dada en función de un contacto continuo y paulatino con el agente, el incremento en el número de metacistos en etapas tempranas de su desarrollo hace pensar en un estado endémico de la enfermedad; sin embargo, se hace necesario hacer una evaluación en edades posteriores para determinar el nivel de infección presente.

Agradecimientos

A las autoridades de la Secretaría de Salud del estado de Guerrero, México. A los doctores Herón Delgado y Rufino Silva, así como a los habitantes de Tianquizolco, Guerrero, en particular a la enfermera Bertha Salgado, y a los señores Luis Bailón y Paz Peña.

Este trabajo fue posible gracias al apoyo brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto número 400310-5-1568).

Referencias

1. Mahajan R. Geographical distribution of human cysticercosis. In: Flisser A, Willms K, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982.
2. Schenone H, Villarreal F, Rojas A, Ramírez R. Epidemiology of human cysticercosis in Latin America. In: Flisser A, Willms K, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982.
3. Diaz CS, Candil RA, Susse PV, Zameta RM, Felix MM, Lozano R, Willms K. Epidemiologic study and control of *Taenia solium* infections with praziquantel in a rural village of Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1991;45:522-531.
4. Acevedo H. Economic impact of porcine cysticercosis. In: Flisser A, Willms K, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982.
5. Acevedo H. Epidemiología de la cisticercosis porcina. En: Flisser A, Malagón F, editores. *Cisticercosis humana y porcina*. México (DF): Limusa-Noriega, 1989:251-253.
6. Aluja A. Frequency of porcine cysticercosis in Mexico. In: Flisser A, Willms K, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982.
7. Larralde C, Padilla A, Hernández M, Gowensky T, Sciunio E, Gutierrez G, Tapia-Conyer R, Salvatierra J, Sepúlveda J. Seroepidemiología de la cisticercosis en México. *Salud Pública Méx* 1992;34:197-210.
8. Organización Panamericana de la Salud. Epidemiología y control de la Teniasis/Cisticercosis en América Latina. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud, 1990.
9. Organización Panamericana de la Salud. Epidemiología y control de la Teniasis/Cisticercosis en América Latina. Versión 2. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud, 1993.
10. Contreras CL. Aspectos más sobresalientes de la inspección sanitaria de suinos en los rastros del D.F. y en otros del país en busca del cisticercos de *Taenia solium*. En: Flisser A, Malagón F, editores. *Cisticercosis humana y porcina*. México (DF): Limusa-Noriega, 1989:257-259.
11. Diaz F. Epidemiology of teniasis and cysticercosis in a Peruvian village. *Am J Epidemiol* 1992;135:875-882.
12. Sarti E, Schantz P, Planzette A, Wilson M, Gutierrez I, Lopez A, Roberts J, Flisser A. Prevalence and risk factors for *Taenia solium* teniasis and cysticercosis in humans and pigs in a village in Morelos, Mexico. *Am J Trop Med Hyg* 1991;45:522-531.
13. Roberts M, Lawson J, Gemmel M. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: mathematical model of the life-cycles of *Taenia hydatigena* and *T. ovis*. *Parasitology* 1987;94:181-197.
14. Gemmel MA, Lawson JR, Roberts MG. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: evaluation of the biological parameters of *Taenia hydatigena* and *T. ovis*: comparison with those of *E. granulosus*. *Parasitology* 1987;94:161-180.
15. Lawson J, Gemmel M. Hydatidosis and cysticercosis: the dynamics of transmission. *Act Parasitol* 1988;22:261-308.
16. Gemmel MA, Lawson JR, Roberts MG. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: biological parameters of *Echinococcus granulosus* in dogs and sheep. *Parasitology* 1986;92:599-620.
17. Mackiewicz J. Cestode transmission patterns. *J Parasitol* 1988;74:60-71.
18. Gemmel MA. Experimental epidemiology of hydatid cyst. *Adv Parasitol* 1977;15:311-362.
19. Gemmel MA. Ovine cysticercosis: an epidemiological model for the cysticercosis I. The free-living egg phase. In: Flisser A, Willms K, editors. *Cysticercosis. Present state of knowledge and perspectives*. New York: Academic Press, 1982:87-98.
20. Lawson J, Gemmel M. The potential role of blowflies in the transmission of taenid eggs. *Parasitology* 1985;91:129-143.

21. Gemmell MA. Australasian contributions to an understanding of the epidemiology and control of hydatid disease caused by *Echinococcus granulosus*-past, present and future. *Int J Parasitol* 1990;20:431-436
22. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática XI Censo General de Población y Vivienda 1990 México (DF). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1990.
23. Thrusfield M. Epidemiología veterinaria Zaragoza, España: Acribia 1990.
24. Astudillo M, Kantor N. El problema de la validez de una prueba diagnóstica. *Boletín OPS-OMS Rio de Janeiro, Brasil. OPS-OMS*, 1981.
25. Plancarte A, Schantz P, Sarti E, Flisser A. Inmunodiagnóstico de cisticercosis porcina en comunidades rurales de México. Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 1994 octubre 9-13: Acapulco, (Guerrero), México. México (DF): Comité Organizador del XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias, 1994:135
26. Diaz F, Verastegu M, Gilman V, Tsang V, Pflüger J, Gallo C, *et al*. Immunodiagnosis of human cysticercosis (*Taenia solium*): a field comparison of an antibody-enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), an antigen-ELISA, and an enzyme linked immunoelectrotransfer blot (EITB) assay in Peru. *Am J Trop Med Hyg* 1992;46:610-615.
27. Copado BF. Estudio del comportamiento cívico del cerdo rural no confinado (tesis de licenciatura). México (DF) UNAM, 1996.
28. Gómez CS, Bernabé SA, Gómez MA, Navzra CJ, Sánchez CJ. Cisticercosis visceral porcina por *Cysticercus semicollis*: observaciones clínicas y anatomopatológicas. *Med Vet* 1990;7:111-114.

Taenia solium cysticercosis in young pigs: age at first infection and histological characteristics

Aline S. de Aluja^{a,*}, J.J. Martínez M.^b, A.N.M. Villalobos^c

^a Department of Pathology, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F. CP. 04510, Mexico

^b Department of Preventive Medicine, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F. CP. 04510, Mexico

^c Department of Parasitology, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, D.F. CP. 04510, Mexico

Received 21 October 1996; accepted 14 March 1997

Abstract

In spite of the vast knowledge that exists in the fields of immunology, biochemistry, diagnosis and treatment, the basic facts about the dynamics of the transmission of *Taenia solium* are incomplete. The present study determines the age at which piglets become infected in a rural community of Mexico, where the climate is divided into the dry and rainy seasons. It was found that piglets become infected during the dry months, not so during the rainy season. They pick up eggs at the age of 2 to 4 weeks and the metacestodes are present in the liver. In older animals aged 4 to 6 months, the larvae were also found in the muscles. In a 6-month-old pig larvae were found in the muscles and brain. These findings may be explained by behavioural studies of free living pigs and climatic conditions. © 1998 Elsevier Science B.V.

Keywords: *Taenia solium*; Pig-cestoda; Seasonal dynamics

1. Introduction

In recent years knowledge concerning taeniasis-cysticercosis (*Taenia solium*) in the human patient has made considerable progress in the fields of immunology, diagnostic procedures, treatment and molecular biology. In spite of this wealth of new knowledge, the disease is still prevalent in developing countries (Cruz et al., 1989; Schantz et al.,

* Corresponding author.

1992) where pork is consumed and where the most distressing problem it causes is neurocysticercosis in the human patient, a condition which has not decreased in recent years. In the Hospital of Neurology of Mexico City, 13% of all neurosurgeries performed during 1995 were cases of neurocysticercosis. (Sotelo et al., 1996).

Basic information on the epidemiology of this zoonosis remains fragmentary and little is known on the dynamics of transmission in field conditions (Keymer, 1982).

In most Mexican villages, pigs are seen roaming about freely, looking for food during the day. They eat plants, garbage and human faeces. Without them, the hygienic conditions in these villages would be worse. In the evenings they go back to their owners who feed them a few handfuls of corn and keep them in their yards for the night. Piglets follow their mothers in the streets a few days after they are born (Fig. 1).

In his study on the behaviour of free living pigs, Copado (1996), noticed that the adult animals were reluctant to move during the hot hours of the dry summer months when temperatures can go up to 36°C, while piglets remained active and did not seem to mind the heat.

In the developed world transmission has become impossible through strict meat inspection, the confinement of pigs and the obligatory installation of toilets in rural dwellings, measures which for several reasons have not been enforced in most developing countries (Pawlowski, 1990; Nascimento et al., 1995).

In order to interrupt the cycle of this parasitosis, several groups in Mexico are working on the possibility of vaccinating the pigs (Sciutto et al., 1990; Molinari et al., 1993). Among the factors that must be known in order to plan a successful vaccination programme for pigs, is the age at which they should be vaccinated, the duration of the



Fig. 1. Sow with her litter. The piglets start to root as soon as they get out into the streets and fields.

immunity a natural infection confers, the feasibility of reinfection and the longevity of the metacestode in the infected pigs. None of these are known at the present time.

This study was undertaken to establish the age at which young pigs become infected under rural conditions.

2. Material and methods

A village in the subtropical region of Mexico was selected, where pigs roam about during daytime looking for food. The climate in that part of the country is characteristically divided into the rainy season, during which it rains every day and the mean temperature is $20.45 \pm 3^\circ \text{C}$, and a dry season, during which no rains fall, and it gets very hot with mean temperatures of $22.38 \pm 7^\circ \text{C}$. Water is in very short supply during 4 to 5 months of the dry season and has to be collected from a cistern. In the great majority of houses toilets do not exist and people defecate in the open, where pigs are waiting to ingest the faecal material. By tongue inspection it was found that 12% of all pigs were infected with *T. solium* metacestodes.

Four groups of young pigs, each aged 2, 4, 5 and 6 months, were purchased (Table 1). It was not possible to obtain the same number of animals for all groups, due to the reluctance of their owners to sell, particularly when they became older, as was the case with the 6-month-old animals. In that group only two pigs could be obtained. In order to establish whether there are seasonal differences in the occurrence of infection with *T. solium* eggs, half of the animals studied had been born and lived in the dry season (October to May) and the other half during the rainy season (June to September). All animals were humanely killed and necropsies were performed, counting all metacestodes

Table 1
Results of necropsies performed during the dry and the rainy seasons in pigs of different ages

Age at necropsy (months)	Date of necropsy	Probable month of infection	Total of animals	Positives	Negatives
2	Feb-95	Jan 95	10	5	5
		D			
2	Aug-94	R	10	0	10
4	Apr-95	Jan 95–Mar 95	8	5	3
		D			
4	Oct-94	R	8	0	8
5	May-95	Jan 95–Apr 95	8	3	5
		D			
5	Nov-94	Jul 94–Oct 94	6	3	3
		R			
6	Jun-95	Jan 95–Apr 95	2	1	1
		D			

D = Dry season.

R = Rainy season.

found in the skeletal muscles, hearts and brains. Samples of muscle tissue with metacestodes were fixed in buffered 10% formalin to be processed for histological examination. If no parasites were detected macroscopically, samples of the tissues were also taken and processed for histopathology. Brains were placed in 10% buffered formalin to harden for 4 to 6 weeks and then cut in sections of approximately 1 cm; metacestodes, if present, were counted and processed for histopathology. During microscopical studies the parasites were classified according to the inflammatory reaction and to the degree of destruction, in grades 0 to 6 (Aluja and Vargas, 1988).

3. Results

The results are summarised in Table 1.

In five of the 10 piglets aged 2 months that had been born and lived during the dry season, small vesicular metacestodes were found in the liver. They did not seem to be mature larvae. Histological examination revealed that the scolex was not yet completely formed and it appeared as if the tegument did not totally surround it (Fig. 2). However, this impression may be due to the fact that larvae were not removed from the tissue and that in the histological sections the form cannot be completely reconstructed. In this age group no larvae were found in the muscles or brains.

No metacestodes were found in the 10 animals that had lived during the rainy season.

In five of the eight piglets aged 4 months that had been born and lived during the dry season, metacestodes were found in the liver (Fig. 3). In animals of this age group, it

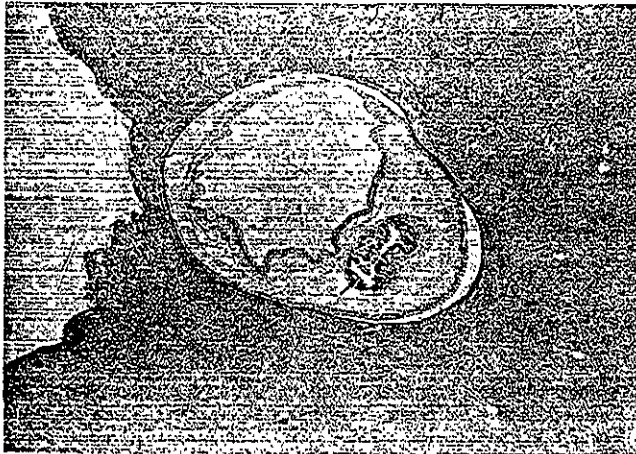


Fig. 2. An immature *T. solium* metacestode in the liver of a 2-month-old piglet. The scolex is not yet formed. Hooks start to appear (arrow) H.E. $\times 8$.

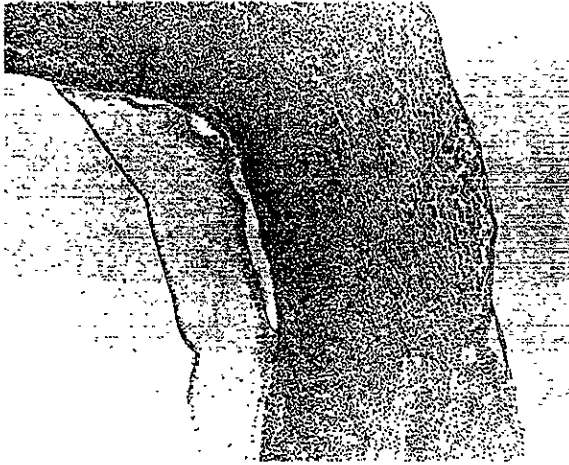


Fig. 3. Inflammatory reaction around a *T. solium* metacystode in the liver of a 4-month-old piglet. Eosinophils adhering to the tegument which appears swollen (arrow). H.E. $\times 20$.

was common to find that the cysts were surrounded by marked inflammatory reaction (grades 4 and 5). In one animal, a vesicular cyst was seen in the muscles of the pharyngeal region.

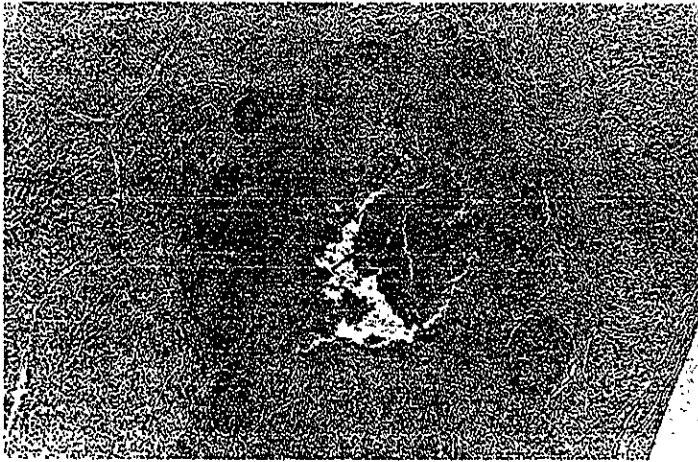


Fig. 4. Granuloma in the liver of a 5-month-old pig. The arrow shows the rest of the swollen tegument of the parasite. H.E. $\times 20$.

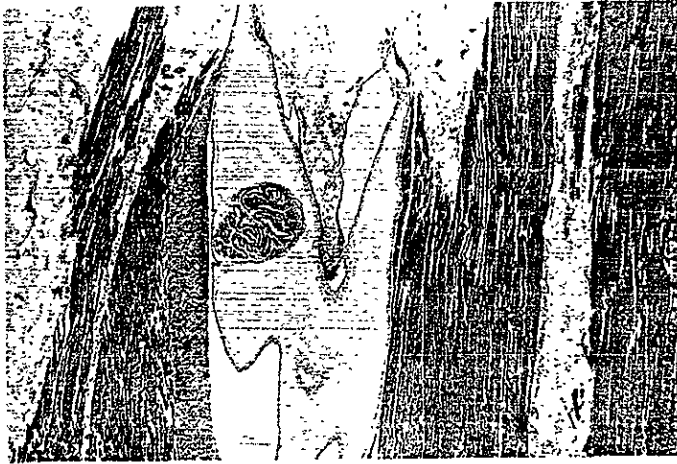


Fig. 5. *T. solium* metacestode in the skeletal muscle of a 6-month-old pig. H.E. $\times 20$.

In the eight animals aged 4 months that had lived during the rainy season, no metacestodes were found.

In the 5-months age group there was no seasonal difference, three of the eight that lived during the dry season and three of the six animals that lived during the rainy season were parasitised. Granulomatous lesions with structures that suggest destroyed



Fig. 6. *T. solium* metacestode in the lateral ventricle of the brain of a 6-month-old pig. H.E. $\times 8$.

metacestodes were present in their livers (Fig. 4). In one animal vesicular larvae were found in the skeletal muscles and in another in the myocardium. In two of the 5-month-old pigs *Echinococcus granulosus* metacestodes were found in the liver, they are not included in Table 1.

One of the two 6-month-old animals was heavily infected, 84 mostly vesicular larvae were recovered from the muscles (Fig. 5), one was found in the brain (Fig. 6). In the liver a few caseous lesions with remains of metacestodes were seen.

In the other 6-month-old animal no parasites were found.

Cysticercus tenuicollis was not seen in any of the piglets. None of the livers showed the sinuous tunnels characteristic of *T. hydatigena* metacestodes either within the parenchyma or on the surface of the liver (Nieberle and Cohrs, 1954; Pullin, 1955; Wetzel, 1967; Thornton and Gracey, 1974; Soulsby, 1987; Mehlhorn and Piekarski, 1993). Eosinophilic infiltration of the portal tissue was present in a few livers. In an adult animal that was butchered in the village hydatid cysts were found in the liver.

4. Discussion

In view of the fact that the parasites observed in the livers of piglets aged 2 months were not yet completely developed (Fig. 2) and taking into account that the metacestode of *T. solium* requires about 10 weeks to be fully developed (Chester et al., 1984; Soulsby, 1987), it can be assumed that the animals became infected at the age of 2 to 4 weeks, which coincides with the time when they are first seen in the streets, following their mothers.

The fact that in the 2-month-old piglets the larvae were only found in livers and that some of them had already undergone degenerative changes would suggest that the diameter of the oncospheres arriving in the liver does not permit them to progress through the capillaries to their final destination. Another explanation could be that the factor stopping their successful migration to the final site of predilection may result from passively transferred immunity from the dam. After this has been exhausted, further ingested oncospheres should find no difficulty in passing through the liver and reach the tissue of predilection where they survive for longer periods of time and, once established, prevent superinfection due to acquired immunity. This has been shown to be the case by Gemmell et al. (1991) for *Taenia ovis* in sheep.

This study shows that the liver is capable of forming a severe inflammatory reaction against the parasite, and that in the muscular tissue the parasite persists in its vesicular form, when in the liver only granulomata are found.

Copado (1996) in his behavioural studies of free living pigs in a Mexican village showed that they move in groups with a definite hierarchical order and that under normal atmospheric conditions, like those that prevail during the rainy season, the leader of the group is the first to ingest human faecal material and that after him other members may pick up what is left, but for the piglets there is no chance to get hold of any. During the dry season it may get extremely hot and adult animals become reluctant to move about during daytime. The thermoregulator system of piglets tolerates heat better and they run around quite happily getting access to food which the grown-ups would

normally ingest before them. For this reason, it was found in our study that piglets become infected at the age of 2 to 4 weeks during the dry season, but not so during the rains. It has been suggested that another explanation for this finding could be that rains wash away the eggs present in the remains of faecal material in the streets.

When planning a vaccination strategy, the seasonal difference of the infection in young pigs should be taken into account. The immunology of these free living young pigs is being studied and it will have to be determined whether the presence of metacestodes in the liver confers immunity and protects the animals from later infections.

Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to Bertha Salgado, a nurse at the Health Center of Tianquizolco, Guerrero, Mexico, for her enthusiastic help and hospitality; to the Health Authorities of Iguala, Guerrero, Mexico, for allowing us to work in Tianquizolco; to technician Carmen Zamora for her competent and patient assistance in preparing the histological sections; and to Isabel Aguilar for her excellent secretarial help. We express our gratitude to Dr. Michael Gemmell, (Cambridge) who has given us invaluable advice. The financial support of CONACyT (Project No 400310-5-1568) is gratefully acknowledged.

References

- de Aluja, A.S., Vargas, G., 1988. The Histopathology of Porcine Cysticercosis. *Vet. Parasitol.* 28, 65–77.
- Copado, F., 1996. Estudio del comportamiento diurno del cerdo rural no confinado. Tesis, MSc. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Chester, B., Clifton, J. and Wayne, C., 1984. *Clinical Parasitology*, 9th edn. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Cruz, M., Davis, A., Dixon, H., Pawlowski, Z., Proano, J., 1989. Operational studies on the control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis in Ecuador. *Bull. WHO* 67, 401–407.
- Keymer, A., 1982. Tapeworm infections. In: R. Anderson (Ed.), *Population Dynamics of Infectious Diseases*. Chapman & Hall, London, 109–137.
- Gemmell, M.A., Lawson, R.J., Roberts, M.G., Griffin, J.F.T., 1991. Population dynamics in echinococcosis and cysticercosis: regulation of *Taenia hydatigena* and *Taenia ovis* in lambs through passively transferred immunity. *Parasitology* 101, 145–151.
- Mehlhorn, H. and Piekarski, G., 1993. *Fundamentos de Parasitología*. Acribia, Zaragoza.
- Molinari, J.L., Soto, R., Tato, P., Rodríguez, D., Retana, A., Sepulveda, J., Palet, A., 1993. Immunization against porcine cysticercosis in an endemic area in Mexico. A field and laboratory study. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 49, 502–512.
- Nascimento, E., Costa, J.O., Guimaraes, M.P., Tavares, C.A.P., 1995. Effective immune protection of pigs against cysticercosis. *Vet. Immunol.* 45, 127–137.
- Nieberle und Cohrs, 1954. *Lehrbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie der Haustiere*. Verlag G. Fischer, Jena, Germany.
- Pawlowski, Z.S., 1990. Perspectives on the control of *Taenia solium*. *Parasitol. Today* 6, 371–373.
- Pullin, J.W., 1955. Observations on liver lesions in lambs, experimentally infected with the cysticercus of *Taenia hydatigena*. *Can. J. Com. Med.* XIX 17–25.

- Schantz, P., Moore, E., Muñoz, J., Hartman, B., Sheaffer, J., Aron, A., Persaud, D., Sarti, E., Gracos, A., Flisser, A., 1992. Neurocysticercosis in an orthodox Jewish community in New York city. *New Engl. J. Med.* 327, 692–695
- Sciutto, E., Fragoso, G., Trueba, L., Lemus, D., Montoya, R M, Diaz, M.L., Govezensky, T., Lomeli, C., Tapia, G., Larralde, C., 1990. Cysticercosis vaccine: Cross protecting immunity with *T. solium* antigens against experimental murine *T. crassiceps* cysticercosis protection. *Parasite Immunol.* 12, 687–696
- Sotelo, J., Del Brutto, O and Roman, G., 1996. Cysticercosis. In: Remington, J. and Swartz, M (Eds.), *Current Clinical Topics in Infectious Diseases*. Blackwell Sci, Boston.
- Soulsby, L., 1987. *Parasitología y Enfermedades Parasitarias en los animales domésticos*. 7a ed. Interamericana. México, D.F.
- Thornton, H. and Gracey, J, 1974. *Textbook of Meat Hygiene*. Baillere Tindall, London.
- Wetzel, R., 1967. Parasitäre Erkrankungen der Leber und der Gallenwege. In: Dobberstein, J. (Ed.), Joest, E. *Handbuch der Speziellen Pathologischen Anatomie der Haustiere. Digestionsapparat, II. Teil*. Revised and 3rd edn. Verlag Paul Parey, Berlin pp. 209–299.

Limitations of current diagnostic procedures for the diagnosis of *Taenia solium* cysticercosis in rural pigs

E. Sciuotto^{a,*}, J.J. Martínez^b, N.M. Villalobos^b, M. Hernández^a,
M.V. José^a, C. Beltrán^a, F. Rodarte^b, I. Flores^b, J.R. Bobadilla^a,
G. Frago^a, M.E. Parkhouse^c, L.J.S. Harrison^d, A.S. de Aluja^b

^a Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),
Mexico, D.F. 04510, Mexico

^b Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),
Mexico, D.F. 04510, Mexico

^c Institute of Animal Health, Pirbright Laboratories, Ash Road, Pirbright, UK

^d Department of Tropical Animal Health, Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh,
Easter Bush, Roslin Midlothian Scotland EH25 9RG, UK

Received 19 February 1998; accepted 22 May 1998

Abstract

The aim of the present study was to evaluate diagnostic procedures for porcine cysticercosis. Sera were obtained from 32 pigs reared in commercial farms, 47 pigs before and after experimental infection, 42 carefully necropsied rural pigs and 191 slaughtered pigs from rural communities in which the presence of the *Taenia solium* metacestode was assessed by tongue dissection. Sera were analyzed by ELISA to detect antibodies against *T. solium* antigens and to detect parasite antigens. Most sera from the necropsied rural pigs were also evaluated by the Western blot method. Antigen and antibody ELISA detection assays showed high sensitivity and specificity when applied to sera from pigs reared in commercial farms. In contrast, all methods (Ag-ELISA, Ab-ELISA assays, EITB and tongue inspection) showed lower sensitivity and specificity when applied to the generally lightly infected rurally reared pigs. The probability distribution of cysts in carcasses were also determined. These results emphasize the difficulties in detecting cysticercosis in rural pigs with low levels of cyst burdens. © 1998 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Porcine cysticercosis; Immunology; Diagnostic procedures; *Taenia solium*

* Corresponding author. Tel.: +52-5-6223818; fax: +52-5-6223369; e-mail: edda@servidor.unam.mx

1. Introduction

Taenia solium cysticercosis constitutes a serious public health problem, especially where pigs are raised in rural communities of developing countries. For example, a recent serological study in Mexico indicated that up to 2.9% of the human population has been in contact with the parasite (Larralde et al., 1992). In humans, *T. solium* frequently causes neurocysticercosis, a severe disease, and the main cause of epilepsy in neurological hospitals in Mexico (Del Brutto and Sotelo, 1988). Economic losses due to the condemnation of infected animals is of particular importance in rurally reared pigs, which in Mexico may account for as much as 40% of the pig population (Aluja and Vargas, 1988). The threat of confiscation also increases transmission as it encourages clandestine marketing of infected animals.

Interruption of parasite transmission would decrease the prevalence of porcine cysticercosis (Vargas et al., 1986; Manoutcharian et al., 1996). However, application of control measures demand the identification of high prevalence zones and, thus, reliable sensitive and specific diagnostic procedures.

At present, the most common method of diagnosing porcine cysticercosis is tongue inspection. However, this technique requires technical skills and lacks sensitivity. Serodiagnosis of cysticercosis through detection of antiparasite antibody has been widely evaluated using several target antigens, ranging from total *T. solium* extracts (Flisser, 1994) of the metacestode to more selected preparations, such as the cyst fluid, scolex or extracts of external membranes (Larralde et al., 1986). Substitution of the cross-reactive *Taenia crassiceps* cyst fluid as antigen generates similar results to those obtained with *T. solium* antigens (Larralde et al., 1989, 1990; Sciutto et al., 1990). More recently, the possibility of using synthetic peptides based on identified antigenic epitopes has been explored (Gevorkian et al., 1996). Identification of larval-specific antibody has been performed by several procedures with predictive results largely dependent on the serum samples used (Ren et al., 1986; Baily et al., 1988). Recently, an extensive double-blind study carried out in human patients from the 'Instituto Nacional de Neurología in Mexico' showed 70% sensitivity and specificity in ELISA tests using total cysticercal antigens (Ramos-Kuri et al., 1992). An immunoelectrotransference assay, employing a lentil lectin adherent glycoprotein fraction of *T. solium* metacestode as the antigen, is acceptably specific (Tsang et al., 1989), but the sensitivity is only 60–80% in cases of a single cyst.

Identification of anti-parasite antibody, however, is not necessarily proof of an infection with viable metacestodes (Larralde et al., 1992). For this reason, and with the objective of *ante-mortem* diagnosis, a technique to detect a secreted product of viable metacestodes was developed and successfully applied (Harrison et al., 1989).

In view of the critical importance of reliable diagnosis to control cysticercosis, we have undertaken a comparative study, using experimentally infected, commercial pigs and lightly infected rurally reared animals. Sera were submitted to assays for the detection of antibody by ELISA using *T. solium* cyst fluid as antigen, by Western blot using *T. solium* glycoprotein antigens and the HP10 antibody was used for the detection of parasite antigen (Sciutto et al., 1990). The inclusion of the naturally infected pigs in these studies is particularly important as these animals, rather than those from highly organized commercial pig farms, are presumably more exposed to infection.

2. Materials and methods

2.1. *T. solium* cyst fluid

T. solium cysticerci were obtained by dissection from naturally infected pigs, which had been condemned for cysticercosis at meat inspection. Cyst fluid was collected as previously described (Larralde et al., 1989)

2.2. Experimental infection and assessment of parasite burden

Forty-seven pigs used in these experiments were obtained from the Veterinary School of the National University of Mexico (UNAM), where transmission of cysticercosis does not occur. They were maintained with commercial feed. Adult *T. solium* were obtained from two patients at different villages in Chiapas, Mexico, following their treatment with niclosamide (Yomesan, Bayer). Pigs aged 50-60 days, were orally infected with 10^5 *T. solium* eggs per pig. After 105-350 days of infection, pigs were euthanized and assessment of the viability of the infection confirmed by necropsy. In most pigs, cysticerci were counted in loin, tongue, diaphragm, legs, masseters and shoulders and in the rest, only the number of cysticerci found in 2 Kg of shoulder muscles per animal was determined, following the method described by Vargas et al. (1986). Pigs were bled before and at different times from 29 to 350 days after being challenged until they were euthanized as previously reported (Sciuotto et al., 1990).

2.3. Serum samples

Serum samples were obtained from the following sources:

- A group of 32 sera from commercially reared pigs collected from a slaughterhouse. All 32 pigs were classified as uninfected at meat inspection.
- A group of 47 serum samples were obtained from 47 pigs before they were experimentally infected (control sera). These pigs were bled at various times after infection and another 172 serum samples were collected post infection.
- A total of 42 sera were collected: 10 sera from pigs of two months of age and 32 from pigs of 4-6 months of age, sampled during the rainy season and the dry season. The pigs were rurally raised in Tianquizolco, state of Guerrero. These 42 pigs were randomly selected and complete necropsies were carried out to determine the number of *T. solium* metacestodes and whether or not they were infected with other parasites. Eighteen out of these 42 pigs were found to be infected by *post-mortem* examination.
- A group of 191 sera from village pigs were collected from an abattoir in the state of Morelos, Mexico. Their tongues were collected and preserved in formaldehyde at 10% v/v to determine the presence of cysticerci by dissection.

2.4. Serological methods

2.4.1. Detection of parasite antigens in porcine serum by Antigen ELISA (Ag-ELISA)

The procedure reported by Harrison et al. (1989) was employed for the Ag-ELISA. Briefly, Immulon I plates (Nunc) were treated with 100 μ l of monoclonal antibody

(McAb) HP10 diluted to 10 µg/ml in 0.1 M Na Borate 0.07 M NaCl buffer, pH 8.2, and incubated overnight at 4°C. The plates were routinely washed three times for 5 min with 0.15 M NaCl containing 0.05% Tween 20, blocked with Phosphate Buffered Saline PBS containing 1% bovine serum albumin and 0.05% Tween 20 (PBS-T) and left for 1 h at room temperature before washing again. Diluted serum samples 1 : 2 v/v in horse serum were added and incubated for 30 min at 37°C, followed, after washing, by the homologous biotinylated McAb HP10 diluted in PBS-T to optimum concentration for 30 min at 37°C. After incubation and washing, biotinylated peroxidase streptavidin conjugate was added (Amersham), diluted in PBS-T to optimum concentration and incubated for 30 min at 37°C. The plates were washed again and 100 µl of tetramethyl benzidine substrate (KPL) was added and incubated for 30 min at 4°C. The color reaction was stopped with 100 µl of 0.2 M H₂SO₄. Absorbance values were measured at 450 nm in an ELISA reader (Human GmbH, Humareader, Model 2106). A serum sample was considered to be positive when its ELISA optical density (OD) reading exceeded the mean negative of control value +3 standard deviations.

2.4.2. Antibody detection by ELISA (Ab-ELISA)

Sera antibody titers were assessed by indirect ELISA, using *T. solium* cyst fluid as antigen with minor modifications to a previously described procedure (Ramos-Kuri et al., 1992). After incubation with 100 µl per well of *T. solium* cyst fluid (1 µg/ml) for 60 min at 37°C, the wells were washed and incubated with 100 µl of porcine sera diluted in PBS-T, 1 : 100, for 60 min at 37°C. Antibodies were detected with 100 µl of rabbit anti pig anti-IgG, (whole molecule) alkaline phosphatase conjugate (Sigma) diluted to optimum concentration, followed by substrate (*para*-nitrophenylphosphate (Sigma) 5 mg/ml). The color reaction was stopped using 50 µl of 2.0 M NaOH and absorbance values were measured at 405 nm in an ELISA reader (Human GmbH, Humareader, Model 2106). A serum sample was considered to be positive when its ELISA OD reading exceeded the mean negative of control value +3 standard deviations.

2.4.3. Western blot analysis

Western blot analysis was carried out as described by Tsang et al. (1989), using prepared glycoprotein antigen strips (Yerkes). Each strip was incubated with the serum to be tested, diluted 1 : 100 in phosphate-buffered saline containing 0.3% v/v Tween and skimmed milk (5% w/v). Antibody binding was visualized by incubating with the specific anti-immunoglobulin peroxidase conjugate (Yerkes) diluted 1 : 500, and the enzymatic activity was developed by Diaminobenzidine (DAB) in PBS until specific bands appeared. The presence of any one of six major glycoproteins of 50, 42–39, 24, 21, 18, 13 kDa was considered to indicate a positive reaction.

2.5. Distribution of *cysticerci* in experimentally and naturally infected pigs, and efficiency of meat inspection

The relationship between prevalence of infection (*P*) and mean intensity (*M*) (mean number of parasites per host) is determined by the frequency distribution of the parasites in the host population. In almost all cases, helminth parasites are highly overdispersed,

i.e. a majority of the parasites are harboured by a minority of the hosts. Overdispersion occurs when s^2 is $>M$, where s^2 the variance in the number of parasites per host. Assuming that most hosts have few parasites and a few hosts have a large number of parasites, a negative binomial distribution can be used as a model for overdispersion of the parasites within the host population, where the probability of an individual having x worms, $P(x)$, is

$$P(x) = \left(1 + \frac{M}{k}\right)^{-k} \left(\frac{\Gamma(k+x)}{x! \Gamma(k)}\right) \left(\frac{M}{M+k}\right)^x, \quad (1)$$

where $\Gamma(\cdot)$ stands for the gamma distribution and k varies inversely with the degree of aggregation; as the parameter k tends to infinity, the frequency distribution of parasites collapses to a Poisson distribution, where helminth parasites are independently and randomly distributed; as k tends to zero the cysts become more severely aggregated in the pig population.

The relationship between P , and M , can be expressed as

$$P = 1 - \left(1 + \frac{M}{k}\right)^{-k} \quad (2)$$

This relationship enables k to be determined from paired prevalence and mean intensity data.

One method for estimating k from a frequency distribution is the moment estimate

$$\hat{k} = \frac{\overline{M}^2}{v - \overline{M}} \quad (3)$$

where \overline{M} is the mean number of parasites per host and v is the variance of parasites per host. Unfortunately, Eq. (3) has rather poor statistical properties.

Maximum likelihood estimates of k can be obtained by using the following equation (José and Bobadilla, 1997).

$$f = (N - r) - \frac{r}{(1 + M/k)^k - 1} \quad (4)$$

where r is the number of infected individuals in a population of size N and $P=r/N$.

3. Results

3.1. Evaluation of the assays

3.1.1. Sera from commercial pig farms and experimentally infected pigs

Two out of the 32 sera from commercially reared pigs were positive in the Ab-ELISA test, while none were positive in the Ag-ELISA assay (93% sensitivity and 100% specificity (Table 1).

Results from the experimentally infected pigs (Table 2), all of which were infected according to the necropsy, showed 83.7% positive by Ag-ELISA and 86% positive by

Table 1
Specificity of the Ag and Ab ELISA tests with sera from pigs from commercial farms

Detection of	Sample	Number of sera tested	Specificity
Antigen	Positive	0	100%
	Negative	32	
	Total	32	
Antibodies	Positive	2	93%
	Negative	30	
	Total	32	

All pigs employed were non-infected, according to the diagnosis in the slaughterhouse.

Ab-ELISA assay, while only 71% were detected by tongue dissection. Two from the 47 pigs bled before infection were detected as positive in both the Ag and the Ab test. Considering that pigs were reared in highly technified conditions free of pathogens we assume that the two antibody positive sera were from non-specific reactions. A complete description of the reactivity of each individual sample from non-infected and lightly and heavily experimentally infected pigs early and late during infection were previously reported (Sciuotto et al., 1998).

Table 2
Specificity and sensitivity of the Ag and Ab ELISA tests with sera from 47 pigs experimentally infected and non-infected with *Taenia solium* metacystodes

Detection of antigen	State of infection		Total
	Infected *	Non-infected (control sera)	
Positive	144	2	146
Negative	28	45	73
Total	172	47	219
Sensitivity 83.7%			
Specificity 95.9%			
Predicted value (+) 98.6%			
Detection of antibodies	State of infection		Total
	Infected	Non-infected	
Positive	148	2	150
Negative	24	45	69
Total	172	47	219
Sensitivity 86.0%			
Specificity 95.7%			
Predicted value (+) 98.7%			

* Sera from infected pigs were taken at the time of sacrifice (105–350 days). Sera from 47 pigs were obtained before infection and a total of 172 sera from 3 or 4 bleeds after infection were obtained.

Table 3
Cyst burdens and serological data from totally dissected naturally infected rurally reared pigs from Tianquizolco, Guerrero

Age of pigs (months)	Total number of cysticerci (live/dead)	Number of cysticerci in tongue (live/dead)	Detection of Ag (OD 405 nm)	Detection of Ab (OD 405 nm)	Antigens recognized by EITB (kDa)
2	0/1	0	0.16	0.17	39,42
2	0/1	0	0.94	0.16	—
2	1/0	0	0.04	0.16	—
2	1/0	0	0.06	0.19	—
2	1/0	0	0.41	0.07	39,42
Sensitivity		0%	40%	0%	40%
5	4/3	0	1.09	0.25	39/42,50
5	2/0	0	0.05	0.21	N.D.
5	1/0	0	0.05	0.48	39/42,50
4	1/0	0	1.12	0.13	—
4	5/0	0	0.99	0.58	—
4	3/3	0	0.19	0.39	—
4	2/1	0	0.47	0.07	50,39/42
4	3/0	0	1.02	1.16	18,50,39/42
4	2/0	0	0.04	0.44	18,50
5	11/1	0	0.19	0.74	24,39/42,50
5	3/0 ^a	0	0.03	0.108	13,39/42
6	0/80	0/4	0.30	0.51	14,24,39/42,50
3	1/0	0	0.05	0.87	50
Sensitivity		7.7%	46.1%	76%	75%

^a In this pig a hydatidic cyst was detected in the liver.

3.1.2. Sera from pigs subject to post mortem examination in a rural community of Tianquizolco, Guerrero

The parasitological evaluation of the 42 pigs revealed that 18 of these were infected, but mostly with very low cyst burdens. Indeed, only one was detected by tongue inspection (Table 3).

Interestingly, all five infected pigs of two months of age carried only one cysticercus each, which was localized in the liver in all cases. None of them elicited a detectable Ab response by ELISA. Only a weak response was found in two of these five pigs by Western blot. A larger number of cysticerci was detected in older pigs, and in >70% of them, a detectable Ab response both by ELISA and Western blot was recorded.

Serological tests were performed in all of the 42 animals, using data from the 18 confirmed cases to calculate sensitivities. Data from the remaining 24 uninfected animals were used to calculate specificities (Tables 4 and 5). Sensitivity of 44.4 and 55.5% and specificity of 45.8 and 75% were obtained for the Ag-ELISA and the Ab-ELISA tests, respectively. In both assays, the concordance between necropsies and serological tests was not statistically significant ($p > 0.05$) (Table 4). Differences in the sensitivity and specificity of the assays were observed when piglet age was considered. All two-month old pigs were antibody negative, but 40% of the infected piglets were Ag positive

Table 4
Specificity and sensitivity of the Ag and Ab ELISA tests with sera from pigs maintained under rural conditions, from Tianquizolco, Guerrero

Detection of antigen	State of infection ^a		Total
	Infected ^a	Non-infected	
Positive	8	13	21
Negative	10	11	21
Total	18	24	42
Sensitivity 44.4%			
Specificity 45.8%			
Predicted value (+) 38.1%			
Detection of antibodies	State of infection ^a		Total
	Infected	Non-infected	
Positive	10	6	16
Negative	8	18	26
Total	18	24	42
Sensitivity 55.5%			
Specificity 75.0%			
Predicted value (+) 62.5%			

^aDiagnosis was established by post-mortem examination (necropsy). Each suspicious lesion was evaluated by histopathology.

(Table 3), while 46.1% of the 4–6 month old infected piglets were Ag positive and antibodies could be detected in 76% of them (Table 3).

An immunoelectrotransference assay was employed using 39 out of 42 sera from these totally evaluated pigs, and sensitivity of 64.7% and specificity of 59.1% was obtained (Table 5). As shown in Fig. 1, experimentally infected pigs were strongly positive for the

Table 5
Specificity and sensitivity of the Immunoelectrotransference Ab test with sera of pigs maintained under rural conditions in Tianquizolco, Guerrero, Mexico

Result of the test	State of infection		Total
	Infected ^a	Non-infected	
Positive	11	9	20
Negative	6	13	19
Total	17	22	39
Sensitivity 64.7%			
Specificity 59.1%			
Predicted value (+) 55.0%			

^aDiagnosis was established by post-mortem examination (necropsy). Each suspicious lesion was evaluated by histopathology.

A serum sample was considered to be positive when it presented at least one of the diagnostic bands, even when only one band was recognized and/or with a weak reaction (Tsang et al., 1989). Of the 42 pigs only 39 were tested using commercial EITB antigen strips.

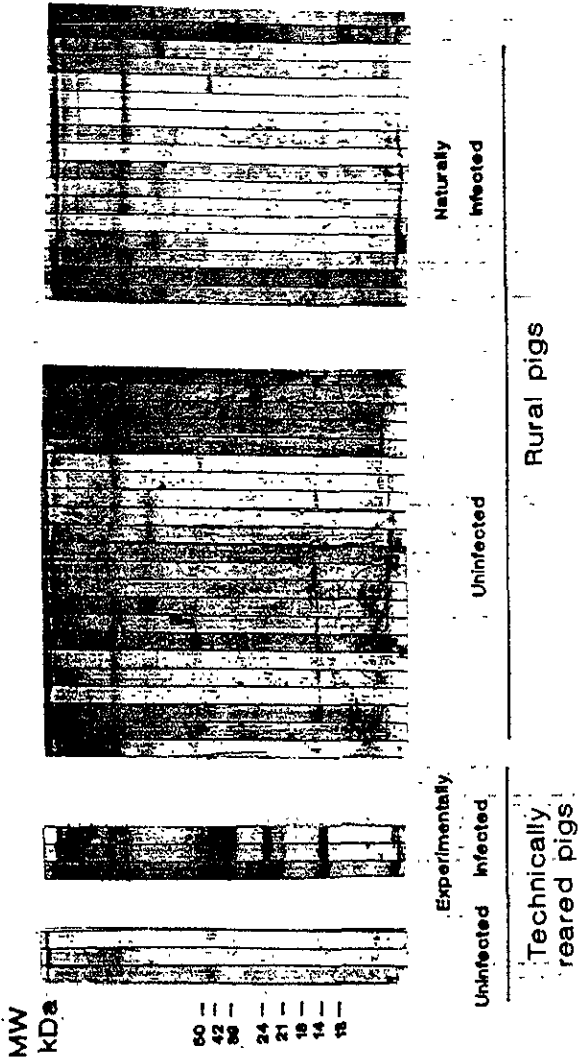


Fig. 1. Immunoelectrotransference assay (BITB) using sera of non-infected pigs and naturally infected pigs, from Tlanquizolco, Guerrero, Mexico. Controls were non-infected and experimentally infected pigs were kept under technified conditions.

major diagnostic antigens established for the ELISA method proposed by Isang et al., 1989 (50, 42–39, 24, 21, 18, 14, 13 kDa), whereas sera from the infected rural pig population were considerably less positive. An antigen of 14 kDa was recognized by non-infected pig sera, and was therefore not considered as a specific diagnostic band. An antigen of 50 kDa was the most frequently recognized by sera from infected pigs. As Table 3 shows only in one out of the 42 pigs inspected, cysticerci were found in tongue. However, taking into account that no cysticerci were found in any of the pigs necropsied at two months of age, tongue inspection had to be carried out in older animals. Considering pigs of 4–6 months of age, this procedure detected 7.7% of those infected.

3.1.3. Rurally reared pigs from the state of Morelos and Puebla

Table 6 shows the cyst burden determined in the tongue and the serological data of the nine pigs in which cysticerci were detected by tongue dissection. As shown in Table 7, 55% of the infected pigs were detected by the Ag-ELISA and 66% by the Ab-ELISA.

3.2. Distribution of cysticerci in experimentally and naturally infected pigs

The frequency distribution of cysticerci in loin, intercostal, leg, shoulder, tongue, diaphragm, and masseter muscle of 41 experimentally infected pigs is presented in the Fig. 2. All the estimated values of k_{ML} fell in the range of 0.23–0.37 indicating a high and a similar degree of cysticercus aggregation, i.e. most of the pigs harbour few parasites as opposed to few pigs with the majority of the parasites, regardless of the location of the parasite. The degree of cysticercus aggregation in this population of pigs therefore can be estimated either by sampling a specific part of the pig or by sampling the whole pig. From the present data we conclude that the probability of not finding cysticerci in the loins, legs, and masseters is slightly above 50%, whereas, in intercostal, shoulders, tongue and diaphragm the probability is below 50%. Thus, the recommended sites for meat inspection are the tongue, diaphragm or shoulder muscles. This result indicates that the maximal sensitivity obtained is in the tongue, where 71% can be detected in experimentally infected pigs.

Table 6
Cyst burden and serological data in the tongue of rurally reared naturally infected pigs from Morelos and Puebla

Number of cysticerci in the tongue (live/dead)	Detection of antigen (OD)	Detection of antibody (OD)
4/0	0.08	0.50
0/1	1.70	0.25
26/0	1.03	0.87
1/0	1.50	0.17
2/0	0.02	0.12
7/0	1.30	0.79
1/0	0.09	0.56
1/0	0.80	1.15
0/1	0.02	0.10
Sensitivity	55.5%	66.6%

Diagnosis was done by complete dissection of the tongue.

Table 7
Specificity and sensitivity of the Ag and Ab ELISA tests with sera from rural pigs from Morelos and Puebla, Mexico

Detection of antigen	State of infection ^a		Total
	Infected	Non-infected	
Positive	5	44	49
Negative	4	138	142
Total	9	182	191
Sensitivity 55.5%			
Specificity 75.8%			
Predicted value (+) 10.2%			
Detection of antibodies	State of infection ^a		Total
	Infected	Non-infected	
Positive	6	61	67
Negative	3	121	124
Total	9	182	191
Sensitivity 66.6%			
Specificity 66.5%			
Predicted value (+) 8.95%			

^a Diagnosis was done by complete dissection of the tongue.

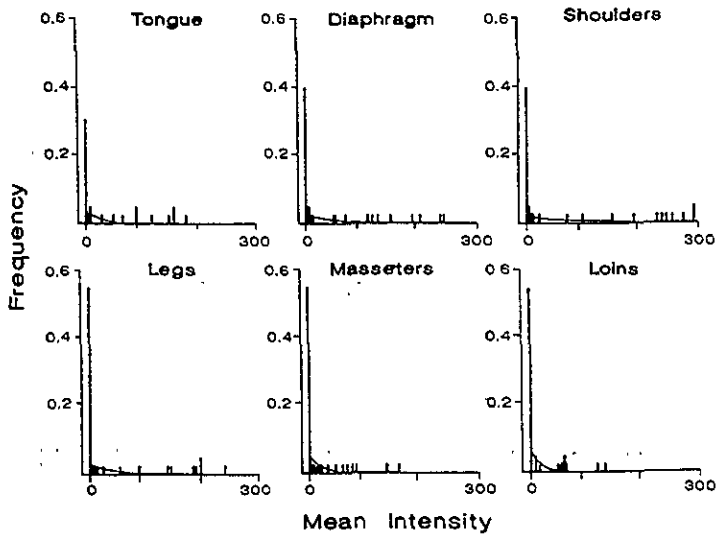


Fig. 2. Distribution of metacystodes of *Taenia solium* in 41 of 49 experimentally infected pigs, according to the site of localization of cysts in different muscles.

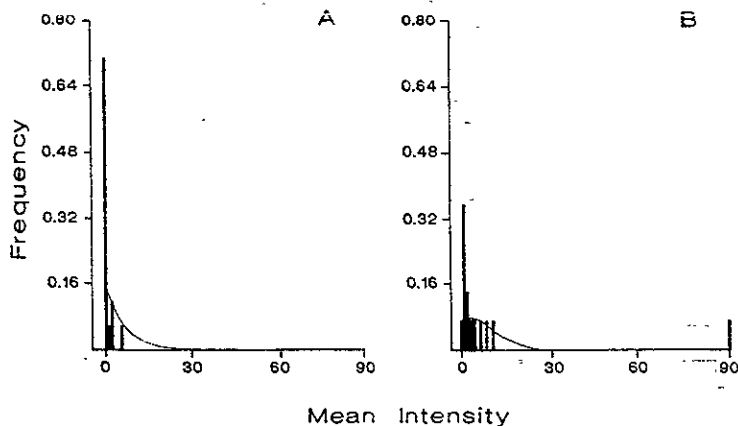


Fig. 3. Distribution of cysticerci in 42 pigs aged 2-6 months from Tianquizolco in accordance with the season of the year: (A) rainy season, (B) dry season.

The distribution of parasites in the 42 pigs from Tianquizolco, Guerrero was analyzed to explore the possibility of different diagnostic procedures. The fitted curve is the best fit of data of the negative binomial distribution as expressed by Eq. (1). All the fitted curves show a similar degree of curvilinearity, a fact which is consistent with the similar values of \hat{k}_{ML} for each examined part of the pig. As Fig. 3 shows, most of the infected pigs harboured only a few cysticerci in total and only in one pig, one cysticercus in the tongue was found. Most of the pigs harbour a low number of cysticerci (in 13 animals 1-3, in 3, 4-10, both in the rainy and dry seasons), only two pigs of the older group, one with 12 and the other with 84 were found in the dry season.

4. Discussion

The important issue raised by this work is the failure of well-established and reliable serological diagnostic procedures for pig cysticercosis when applied to rurally reared pigs with low cyst burdens. This is particularly disturbing since the main source of *Taenia solium* cysticercosis is the rural pig; so it is precisely at this level that an appropriate and reliable diagnosis is necessary.

Both the Ag and Ab ELISA analyses gave high levels of specificity and sensitivity with experimentally infected animals (Tables 1 and 2). On the other hand, relatively low sensitivity and specificity values were obtained with samples from the rural lightly infected pig population (Tables 3-7). Sensitivity is of more concern than specificity, per se, since the biological/parasitological history of the rural pig population is inaccessible. In spite of this, however, it is a matter of some urgency to determine the reason for the

false positives, which at present may be attributed either to an as yet unidentified fortuitous cross-reaction, or insensitivity of the parasitological diagnosis. The fact that three of the pigs (2 non-cysticercotic and 1 cysticercotic) had hydatid cysts may be relevant, as may be our failure to identify immature or recently rejected cysts upon *post mortem* examination.

Pigs with low cysticercal burdens may escape detection by meat inspection, an intrinsic restriction of this insensitive procedure, which assists parasite transmission since lightly infected carcasses remain in the food chain. In contrast, caseous cysts, despite evidence of previous infection, may be more easily observed than live cysts, especially immature ones, and this may lead to false reports of transmissible, viable infections. The low Ag level almost reflects the low cysticercal burden of these rurally reared pigs, which, together with their nutritional state might be responsible for the poor humoral response and this, in turn, would result in a less efficient control of the parasitosis. In general, both antibody and antigen levels of the village pigs were lower than those observed in experimentally infected animals. Similarly, the sensitivity of the glycoprotein Western Blot assay (Larralde et al., 1989), although high with experimentally infected animals, was generally low for serum samples of village pigs. It is important to point out that the 14 and 18 kDa molecular weight glycoprotein antigens are frequently recognized by non-infected pigs, and thus do not provide the required specificity for reliable diagnosis.

In summary, the results indicate that none of the three assays employed are currently adequate for the diagnosis of porcine cysticercosis in lightly infected village pigs.

To define further the diagnostic potential of meat inspection, the distribution of parasites in 41 out of 49 experimentally infected pigs was analyzed (Fig. 2) and was found to yield a negative binomial distribution similar to findings with other cestodes (Anderson and May, 1985). This could be due either to a heterogeneity in the host population of hybrid York Landrace pigs and/or to differences in the infective capacity of eggs from different taenias. The negative binomial distribution was consistently observed for all evaluated anatomical locations, but with only 60–64% of infected animals detected by individual examination of one tissue, i.e. tongue, diaphragm or shoulder. As this represents the conventional diagnostic procedure for porcine cysticercosis in the slaughterhouse, it follows that routine meat inspection of the shoulders can only aspire to detect a maximum of 64% of infected pigs.

The distribution of the number of parasites harboured by each of the 18 naturally infected animals from Guerrero, indicated that, as noted above, most (82%) of the animals contained <10 parasites, perhaps indicating some level of resistance versus susceptibility within the pig population. Besides, there was a tendency towards a lower antibody response in younger (2 months) versus older animals, suggesting that younger animals are less able to generate an effective immune response against the parasite. Third, the parasite distributions, in the population of young animals euthanized in the rainy versus the dry season was significantly different, with a higher frequency of infected pigs occurring during the dry season. An explanation for this is not immediately obvious. One suggestion is that the older pigs, being more dominant, might more effectively compete for the infected faeces during the temperate rainy season, resulting in a lower egg contamination of the environment. In the hot, dry season, however, a general lassitude of

adult pigs might allow more opportunity for the piglets to have access to human excrement (Copado, 1996). In addition, egg distribution could be mediated by water currents during the rainy season.

In conclusion, although the antibody and antigen assays are adequate for diagnosis of pig cysticercosis in commercially reared pigs, they are not reliable when applied to lightly infected rural pigs. This, and the inadequacy of meat inspection in slaughterhouses, underscore the need for further research on more sensitive and specific diagnostic assays for cysticercosis, to reach the specific requirements for highly sensitive diagnosis in rural pigs.

Acknowledgements

We would like to thank the authorities of the Secretaría de Salud del Estado de Guerrero, Dr Herón Delgado and Dr. Rufino Silva, as well as the nurse Bertha Salgado and the people of Tianquizolco, Guerrero. Mercedes Baca for technical assistance and Isabel Pérez Montfort corrected the English version of the manuscript.

Financial support: This work was supported by grant from the European Union INCO-DC STD3 Programme, CONACyT, DGAPA 208395 and the British Council.

References

- Aluja, A.S. de Vargas, G., 1988. The histopathology of porcine cysticercosis. *Vet. Parasitol.* 28, 65–77.
- Anderson, R.M., May, R.M., 1985. Helminth infections in humans: Mathematical models, population dynamics and control. *Adv. Parasitol.* 24, 1–101.
- Baily, G.G., Mason, P.R., Trijssenar, F.E., Lyons, N.F., 1988. Serological diagnosis of neurocysticercosis: Evaluation of ELISA test using cyst fluid and other components of *Taenia solium* cysticerci as antigens. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 82, 295–299.
- Copado, F., 1996. Estudio del comportamiento diurno del cerdo rural no confinado. Tesis, M.C. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- Del Bruto, O.H., Sotelo, J., 1988. Neurocysticercosis: An update. *Rev. Infect. Dis.* 10, 1075–1085.
- Flisser, A., 1994. Teniasis and cysticercosis due to *Taenia solium*. In: Tsieh Sun (Ed.), *Progress in Clinical Parasitology*, vol. 4. CRC Press, Boca Raton, pp. 77–116.
- Gevorkian, G., Manoucharian, K., Larralde, C., Hernández, M., Almagro, J., Viveros, M., Sotelo, J., García, E., Sciuotto, E., 1996. Immunodominant synthetic peptides of *Taenia crassiceps* in murine and human cysticercosis. *Immunol. Letters* 49, 185–189.
- Harrison, L.J., Joshua, G.W., Wright, S.H., Parkhouse, R.M., 1989. Specific detection of circulating surface/secreted glycoproteins of viable cysticerci in *Taenia saginata* cysticercosis. *Parasite Immunol.* 11, 351–370.
- José, M.V., Bobadilla, J.R., 1997. Prevalence of infection, mean worm burden and degree of worms aggregation as determinants of prevalence of disease due to intestinal helminths. *Arch. Med. Res.* 28, 121–127.
- Larralde, C., Lacleste, J.P., Owen, Ch.S., Madrazo, I., Sandoval, M., Bojail, R., Sciuotto, E., Contreras, L., Arzate, J., Díaz, M.L., Govezensky, T., Montoya, R.M., Goodsaid, R., 1986. Reliable serology of *Taenia solium* cysticercosis with antigens from cyst vesicular fluid: ELISA and Hemagglutination test. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 35, 965–973.
- Larralde, C., Montoya, R.M., Sciuotto, E., Díaz, M.L., Govezensky, T., Coltorti, E., 1989. Deciphering Western Blots of tapeworm antigens (*Taenia solium*, *Echinococcus granulosus* and *Taenia crassiceps*) reacting with sera from neurocysticercosis and hydatid disease patients. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 40, 284–292.

- Larralde, C., Sotelo, J., Montoya, R.M., Palencia, G., Padilla, A., Govezensky, T., Díaz, M.L., Sciuotto, E., 1990. Antigen from murine *Taenia crassiceps* effectively substitute those from porcine *Taenia solium* in immunodiagnosis for human neurocysticercosis. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 114, 926-928.
- Larralde, C., Padilla, A., Hernández, M., Govezensky, T., Sciuotto, E., Gutierrez, G., Tapia-Conver, R., Salvatierra, B., Sepulveda, J., 1992. Seroepidemiology of cysticercosis in Mexico. *Salud Pública Mex.* 34, 197-210.
- Manoucharian, K., Rosas, G., Hernández, M., Fragoso, G., Aluja, A., Villalobos, M.N., Rodarte, L., Sciuotto, E., 1996. Cysticercosis. Identification and cloning of protective recombinant antigens. *J. Parasitol.* 82, 250-254.
- Ramos-Kuri, M., Montoya, R.M., Padilla, A., Govezensky, T., Díaz, M.L., Sciuotto, E., Sotelo, J., Larralde, C., 1992. Immunodiagnosis of Neurocysticercosis. *Arch. Neurol.* 48, 633-636.
- Ren, Z., Zhang, Y., Quan, Z., 1986. In vivo diagnosis of swine cysticercosis by ELISA using blood dried on paper strip. *Chin J. Vet. Med.* 12, 31-32.
- Sciuotto, E., Fragoso, G., Trueba, L., Lemus, D., Montoya, R.M., Díaz, M.L., Govezensky, T., Lomelí, C., Tapia, G., Larralde, C., 1990. Cysticercosis vaccine: Cross-protecting immunity with *T. solium* antigens against experimental murine *Taenia crassiceps* cysticercosis. *Parasite Immunol.* 12, 687-696.
- Sciuotto, E., Hernández, M., García, G., Aluja, A.S., Villalobos, A.N.M., Rodarte, L.F., Parkhouse, M., Harrison, L., 1998. Diagnosis of porcine cysticercosis: A comparative study of serological tests for detection of circulating antibody and viable parasites. *Vet. Parasitol.* 78, 185-194.
- Tsang, C.W., Brand, J.A., Boyer, A.E., 1989. An Enzyme-linked Immuno-electrotransfer Blot assay and Glycoprotein Antigens for Diagnosing Human Cysticercosis (*Taenia solium*). *J. Infect. Dis.* 1, 50-59.
- Vargas, M.G., Salderna, U., Navarro, F.R., Acevedo, H.A., Flisser, A., Aluja, A., 1986. Localización del cisticerco de la *Taenia solium* en diferentes regiones musculares del cerdo y su importancia para la inspección sanitaria. *Vet. Mex.* 17, 275-279.