



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y
DE LA SALUD ANIMAL**

**EL USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA
PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA CISTICERCOSIS
PORCINA A NIVEL RURAL Y BOVINA.**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

SARA CLAUDIA HERRERA GARCÍA

TUTOR: ALINE SCHUNEMANN DE ALUJA

**COMITÉ TUTORAL: EDDA SCIUTTO CONDE
JOSÉ JUÁN MARTÍNEZ MAYA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, que me permitió ver que los ángeles sí existen en la tierra, al haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi madre, Tere García; por su amor, los principios inculcados como el respeto a mí semejantes.

A mi padre: Guillermo Herrera, con cariño, respeto y admiración por su apoyo, ejemplo de honestidad y rectitud.

A Javier, Mary Tere y Angélica Herrera Dávila, con cariño.

A toda la familia Herrera, quienes compartieron logros y fracasos, que ayudaron a mi formación de ser humano íntegro y el amor a la familia que ha sido una luz brillante a mi vida. En especial a Peter, Male, Lalis Bere y Edgar. Gracias

A la memoria de quienes recuerdo con cariño y me acompañan siempre, mis abuelos Juan e Inere, Papá Fide y Tía Vicky.

A Aline Schuneman Hofer: Quien me enseñó el amor al estudio, las bases de la investigación, la disciplina en la vida y el trabajo, el respeto a la vida, el bienestar de los animales, la bioética y sobre todo su gran ejemplo de fortaleza humana. Particularmente agradezco su confianza, carácter, paciencia, apoyo incondicional, gracias por no dejarme claudicar y ser un ángel en mi vida.

A Rodolfo por su cariño. "Tanto tiempo, tantos mundos, tanto espacio y coincidir" Gracias.

A Armando, Beatriz y Alheli Mateos, por ser ejemplo de amor y unidad familiar.

A Fernando Constantino y Ana María Casas, por brindarme su confianza, su hogar y cariño.

A Graciela Sánchez Olguín, su apoyo fue fundamental para la elaboración y conclusión de este trabajo, gracias por tu amistad.

A quienes siempre están en mi corazón y pensamiento:

Mercedes Arriaga, Ángela Cardenas, Manuel Corro, Elsa, Laura Martínez, Armando Mateos, Maribel Nieto, Pedro Ochoa, Isabel Oropeza, María Eugenia Peralta, Rosa Riaño, Héctor Quiroz Romero, Ivette Rubio, Graciela Sánchez Olguín, Laura Sepulveda, Jesús Tron, Beatriz Vanda, Itzel Vega, Carmen Zamora, Maritoña Ramírez por haberme dado su amistad, por compartir sus ideas sobre la ciencia, literatura y cultura, gracias por colaborar con grandes experiencias a lo largo de la vida, lo cual me permite disfrutarla día a día.

En forma especial a los doctores: Armando Mateos Poumián, Juan Garza Ramos y Raúl Vargas por darme a conocer e involucrarme con la importancia de la Zoonosis.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité Tutorial: Dra. Aline Schunemann de Aluja, Dra. Edda Sciutto Conde, Dr. José Juan Martínez Maya. Agradezco profundamente las enseñanzas, la paciencia, el apoyo y la ayuda. Mil gracias por sus consejos.

Al Jurado de esta tesis: Dra. Aline Schunemann de Aluja, Dra. Ana Flisser Steinbruch, Ramiro Ramírez Necochea, Rosa Elena Méndez Aguilar, Fernando Nuñez Espinosa, gracias por sus acertadas observaciones.

A los doctores: Francisco Trigo, Raúl Vargas y Verónica Fernández y al MC. Alfonso Ayala Rico. Gracias por su gestión durante este trabajo ya que fue fundamental.

A los doctores: Enrique Sánchez Cruz, Director en Jefe del Servicio Nacional, en Sanidad Agropecuaria e Inocuidad SAGARPA, Francisco Velarde, Director General de Salud Animal, SAGARPA y Juan Gay, Director del CENAPA, por su apoyo y confianza al creer en este proyecto y colaborar en su construcción.

Al Dr. en C. Eduardo Sánchez López y M. en C. Sergio Cueto González del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, por el apoyo y gestiones realizadas para llevar a cabo parte de este trabajo en Mexicali, Baja California.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca proporcionada para los Estudios de Maestría.

A el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico UNAM, por el apoyo para la realización de este proyecto. Referencia: PAPIIT IN214707.

Gracias al apoyo brindado mediante el Convenio Número 21043-1548-8-XI-07 a la Secretaria de Agricultura, Gandería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria y La Universidad Nacional Autónoma de México- "SAGARPA-SENASICA-UNAM".

Al Laboratorio Inmunología de la Dra. Edda Sciutto Conde del Instituto de Investigaciones Biomédicas y en especial a la Dra. Marisela Hernández, por el apoyo para el procesamiento de muestras de serología.

A los MVZ Raúl Suárez Marín y Diana Nolazco por su invaluable apoyo en el trabajo de campo.

A la Técnico Maribel Nieto Miranda, por su gran ayuda para el procesamiento de muestras de histología, que fueron parte elemental para este trabajo.

A la C. Isabel Aguilar Arreola, por el apoyo brindado en el área logística y administrativa de este trabajo.

A la Dra. Rosa Elena Méndez y al M. en C. José Antonio Zárate, por su gran colaboración, participación y apoyo técnico desde el inicio en este trabajo.

En forma especial a la Dra. Guillermina Avila, por su dedicación, profesionalismo y paciencia para enseñarme inmunoparasitología y por sus observaciones sobre este trabajo “Mil gracias querida maestra”

A la C. Graciela Sánchez Olguin, por el apoyo técnico brindado para la realización de este trabajo.

A la M. en C. Laura Edith Martínez Álvarez, por las observaciones realizadas al presente documento.

A la M. en C. Maritonia Ramírez Pérez, por la asesoría técnica y el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A los alumnos: Juan Hernández y Kemler Valencia por su valiosa ayuda.

A MIS PROFESORES, COMPAÑEROS Y AMIGOS, GRACIAS por todo el apoyo brindado durante la terminación de mi trabajo y también por las atenciones que siempre tuvieron conmigo. Éxito a todos.

CONTENIDO

Dedicatoria		I
Agradecimientos		II
Contenido		IV
Lista de cuadros		V
Lista de figuras		VI
Resumen		VII
Abstract		VIII
Introducción		
	Cisticercosis porcina y bovina.	1
	Diagnóstico de cisticercosis.	8
	Principios básicos de ultrasonografía.	13
	Parasitosis diagnosticadas por ultrasonografía.	15
Hipótesis		18
Objetivo general		18
Objetivos específicos		18
Material y Métodos		20
Resultados		
	Diagnóstico en cerdos.	28
	Diagnóstico del bovino infectado experimentalmente.	31
	Diagnóstico en bovinos vivos y en canal.	33
Discusión		35
Conclusiones		48
Literatura citada		49
Cuadros		62
Figuras		72
Anexos		
	Anexo I	88
	Anexo II	97

RELACIÓN DE CUADROS

N°	Título	Pag.
1.	Coeficiente de atenuación de diferentes tejidos	62
2.	Pérdida de amplitud de onda producida por la reflexión de diferentes interfases entre tejidos	63
3.	Relación entre la ultrasonografía y la necropsia en cerdos provenientes del área rural de los estados de Morelos y Guerrero, México	64
4.	Relación entre el diagnóstico en lengua y la necropsia en cerdos provenientes del área rural de los estados de Morelos y Guerrero, México	65
5.	Relación entre el diagnóstico con ELISA y la necropsia en Cerdos provenientes del área rural de los Estados de Morelos y Guerrero, México	66
6.	Validez de la prueba, utilizando como pruebas de referencia la necropsia y la ultrasonografía.	67
7.	Prueba de Chi cuadrada para la comparación de proporciones en sensibilidad de las pruebas diagnósticas.	68
8.	Prueba de Chi cuadrada para la comparación de proporciones en especificidad de las pruebas diagnósticas	69
9.	Viabilidad de los huevos de <i>Taenia saginata</i> eliminados en heces de bovino post inoculación con proglótidlos.	70
10.	Relación y localización del metacéstodo encontrados a la necropsia de un bovino inoculado con proglótidlos de <i>T. saginata</i>	71

RELACIÓN DE FIGURAS

Nº	Título	Pag.
1.	Diagnóstico de cisticercosis en cerdos vivos.	72
2.	Metacéstodos de <i>Taenia solium</i> y <i>Taenia saginata</i> .	73
3.	Áreas anatómicas de inspección en el cerdo con el ultrasonido.	74
4.	Músculo normal y representaciones de plano de corte.	75
5.	Metacéstodo de <i>Taenia solium</i> en la lengua de un cerdo.	76
6.	Ultrasonografías obtenidas del masetero de un cerdo vivo.	77
7.	Ecografías obtenidas en el área cervical de un cerdo vivo.	78
8.	Imagen ultrasonográfica obtenida del miembro torácico porción proximal de un cerdo vivo.	79
9.	Ultrasonografías obtenidas del miembro pelviano porción proximal de un cerdo vivo.	80
10.	Imagen ultrasonográfica obtenida del lomo de un cerdo vivo.	81
11.	Imagen con la función Doppler color.	82
12.	Resultados del ELISA de un becerro post-inoculación con huevos de <i>Taenia saginata</i> .	83
13.	Secuencia de ecografías de músculo de un bovino inoculado con huevos de <i>Taenia saginata</i> .	84
14.	Comparación de la ecografía con características macro y microscópicas de los metacéstodos en músculo de un bovino inoculado con huevos de <i>Taenia saginata</i> .	85
15.	Músculo de bovinos en diferentes regiones anatómicas, negativos al metacéstodo de <i>Taenia saginata</i> .	86
16.	Músculo cardíaco de tres bovinos con el metacéstodo de <i>T. saginata</i> .	87

EL USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA CISTICERCOSIS PORCINA A NIVEL RURAL Y BOVINA.

Resumen

Este trabajo tuvo el propósito de determinar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico de la cisticercosis porcina (*T. solium*) y bovina (*T. saginata*) mediante la ultrasonografía. Se llevó a cabo el diagnóstico en 145 animales vivos (101 cerdos y 44 bovinos) y 98 canales de bovino, con un equipo de ultrasonido portátil con transductor lineal multifrecuencia de 6-13 MHz. Se revisaron áreas musculares adicionales a los sitios tradicionales de la inspección sanitaria tales como área cervical, miembro torácico, miembro pelviano, intercostales y lomo. El método de diagnóstico de referencia fue la necropsia. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la ultrasonografía presenta alta sensibilidad (95%) y especificidad (97.4%) para el diagnóstico de la cisticercosis porcina. La evaluación de la ultrasonografía para la detección de metacéstodos de *Taenia saginata* no fue contundente ya que no se detectaron casos en la inspección de bovinos. Sin embargo se confirmó su utilidad al registrar imágenes de un becerro infectado experimentalmente. En este caso, el diagnóstico se llevó a cabo a los 54 días post infección (dpi) y se observaron zonas anecóicas dudosas. A los 90 dpi se percibieron las formaciones anecóicas con una estructura blanquecina (hiperecócica) correspondiente al escólex, que no dejaban duda que se trataba de metacéstodos. El uso del ultrasonido presenta la ventaja de ser una técnica no invasiva, aplicable en animales en pie. En cerdos no requiere la sujeción traumática necesaria para la inspección de lengua, ni el sangrado de los mismos, aunque el costo del equipo podría ser una limitante. Los resultados confirman la utilidad del ultrasonido como herramienta de diagnóstico del metacéstodo de *T. solium* y es factible para el diagnóstico en bovinos. No obstante, es indispensable realizar más estudios con animales infectados. El ultrasonido constituye una herramienta inocua, rápida y sencilla para el control de la teniasis-cisticercosis en cerdos y bovinos ya que es accesible para ser usado en unidades móviles especializadas. Las autoridades de salud animal y sanitarias pueden emprender, con ayuda de este método, campañas de control contra la cisticercosis que obtengan resultados palpables y evaluables.

Palabras Clave: Ultrasonografía, Metacéstodo, *T. solium*, *T. saginata*, Músculo

THE USE OF ULTRASONOGRAPHY FOR THE DIAGNOSIS OF PORCINE AND BOVINE CYSTICERCOSIS, IN RURAL AREAS.

Abstract

This work was aimed at determining the sensitivity and specificity of the diagnosis of porcine and bovine cysticercosis (*T. solium* and *T. saginata*) by ultrasonography. We carried out the diagnosis in 145 live animals (101 pigs and 44 cattle) and 98 beef carcasses, with a portable ultrasound equipment with linear transducer of 6-13 MHz. In addition to the traditional sites during health inspection, areas such as cervical, thoracic member, hind limbs, intercostal and lumbar regions were explored. The **gold test** was **necropsy**. The results of this study indicate that ultrasonography has high sensitivity (95%) and specificity (97.4%) for the diagnosis of porcine cysticercosis. Evaluation of ultrasonography for the detection of *Taenia saginata* was not conclusive since no cases were detected during the inspection of cattle. However its usefulness was confirmed by recording images of an experimentally infected calf. In this animal, the inspection was carried out at 54 days post infection (dpi) and doubtful anechoic areas were observed. At 90 dpi anechoic structures with a white (hyperechoic) area corresponding to the scolex were perceived, which left no doubt that they were metacestodes. The use of ultrasography has the advantage of being a noninvasive technique, which can be used in live animals. In pigs it does not require the traumatic manipulation needed for the inspection of the tongue, or bleeding. The cost of the equipment could be a limiting factor. The results confirm the utility of ultrasound as a diagnostic tool for *T. solium*. More research is necessary in the case of *T. saginata*. Ultrasound is a safe and fast and easy tool to diagnose taeniasis-cysticercosis in pigs and cattle can be recommended for use in governmental control programmes.

Keywords: Ultrasonography, Metacestode, *T. solium*, *T. saginata*, Muscle

INTRODUCCIÓN

La teniasis-cisticercosis sigue siendo un problema importante en México y en otros países en vías de desarrollo (Aluja *et al.*, 2000).¹ Tiene una repercusión en medicina humana, ya que la neurocisticercosis es un padecimiento grave que puede ser fatal o puede causar trastornos que imposibilitan al paciente para llevar una vida productiva. Según datos del Instituto Nacional de Neurología, de todos los casos que ingresan con síntomas neurológicos, el 20% se deben a neurocisticercosis (Del Brutto *et al.*, 1998).² Estos representan problemas de orden económico, tanto para el gobierno, como para el paciente y también una pérdida de fuerza laboral y una carga para la familia del afectado, además del sufrimiento del paciente.

El ciclo de la teniasis-cisticercosis consiste en dos fases: a) El huésped definitivo es el hombre, en cuyo intestino se desarrolla el parásito adulto. Los proglotidos grávidos son eliminados en las heces y a nivel rural donde la gente acostumbra defecar al ras del suelo, se contamina el ambiente y el agua con huevos, al utilizarla para el riego de hortalizas, el hombre puede infectarse y desarrollar el metacéstodo de *T. solium*. Los cerdos que deambulan en las calles y que se alimentan entre otras cosas de materia fecal, también pueden infectarse.

b) El huésped intermediario es el cerdo, una vez en el intestino delgado, los huevos pierden sus envolturas y las oncósferas resultantes atraviesan la pared intestinal y llegan por vía sanguínea y/o linfática a diferentes órganos, entre ellos el cerebro y al tejido muscular, donde se desarrollan los cisticercos. Se ha informado de otros animales que al ingerir huevos de *T. solium* pueden desarrollar cisticercos (Lloyd S. 1998, citado por Scandrett 2007).³ Al ingerir el hombre estos cisticercos en la carne de cerdo mal cocida, nuevamente se desarrolla la tenia en su intestino y el ciclo continúa.

También en el hombre se puede desarrollar la cisticercosis, la forma clínica más frecuente en el continente americano es la neurocisticercosis, ya que los cisticercos en el hombre parecen tener predilección por el tejido nervioso central.

Existen varios factores de riesgo asociados a esta zoonosis, pero se ha descrito que la ausencia de letrinas, la presencia y el uso apropiado de ellas modifica la frecuencia del cisticercosis (Phiri *et al.*, 2003; Ngowi *et al.*, 2004).^{4,5}

Hasta la fecha no existe un estudio epidemiológico en México de cisticercosis porcina que permita establecer la frecuencia en todo territorio nacional (Morales, 2008).⁶ Los datos disponibles provienen de diferentes estudios de investigación realizados en áreas rurales, utilizando diferentes herramientas diagnósticas (figura 1), que indican prevalencias que van del 2 al 33%. Algunos son: Molinari *et al.*, 1997; que en un área endémica al norte de Guerrero en promedio 2.4%, presentándose el 6.25 en Sabana Grande, Lazaro Cárdenas y el 1.1 en Ahuehuepan;⁷ Morales *et al.*, 2002; en Cuentepec, Morelos el 33%⁸, Martínez Maya *et al.*, (2003) en Tianquizolco Gro. 13.2%⁹, Rodríguez-Canul *et al.*, (1998) en un estudio de 25 comunidades en Yucatán encontro el 23%, dando como resultado prevalencias que varían entre 2.4 y 33%.¹⁰ Sarti *et.al.*, (1988) en el Sontano 24%, Angangeo 4%, Xoxocotla 6.5%, Chalcatzingo 2.5%, Atotonilco 12.5%.¹¹ Morales (2008) realizó el primer estudio sobre la situación de la cisticercosis porcina en el Estado de Morelos encontrando una prevalencia global del 14%.⁶

En America Latina, se reportan prevalencias del 0.52 al 74% de cisticercosis porcina en: (Perú (González 2002; Taico *et al.*, 2003; Ayvar *et al.*, 2004 y García, 2007), Guatemala (Allan *et al.*,1997), Honduras (Sakai *et al.*, 1989) y Ecuador (Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2003, 2007)).¹²⁻¹⁹

En África la frecuencia de cisticercosis porcina varía del 5.5% al 46.7% (Phiri, *et al.*, 2002, Pouedet *et al.*, 2002, Ngowi, 2004, 2008).^{4, 20, 5, 21} En Asia, la frecuencia de cisticercosis porcina oscila entre 1.7% al 32% (Rajshekhar *et al.*, 2003).²²

En Europa para finales del siglo XIX la cisticercosis constituía un problema importante, especialmente en Alemania, en donde el desarrollo económico general asociado a la mejoría de la infraestructura sanitaria, el decomiso de canales de cerdo con cisticercosis y los inicios de educación para la salud permitieron erradicarla. Fueron tres las acciones que contribuyeron significativamente al control de la Teniasis/Cisticercosis en Europa: 1) el manejo higiénico de los excrementos humanos; 2) la inspección sanitaria en rastros seguida de la destrucción de carne de cerdo cisticercosa; y 3) el tratamiento efectivo y amplio de los humanos portadores de la solitaria (teniásicos). La razón por la que tuvo éxito se debió a dos condiciones sociales indispensables para su ejecución: 1) el cumplimiento estricto de las acciones por parte de las instituciones de gobierno relacionadas con la salud pública; y 2) la aceptación y colaboración de la ciudadanía para conseguir, acatar los objetivos y métodos y lograr el programa de control (Gemmell, 1983 citado por Larralde y Aluja, 2006).²³

Actualmente se continúan planteando estrategias integrales para lograr el control de la Teniasis-cisticercosis en los países donde la cisticercosis todavía existe (Sciutto *et al.* 2000; Suroso *et al.*, 2006, Eddi *et al.*, 2006, Flisser *et al.*, 2006, Larralde y Aluja, 2006).^{24-27, 23}

En México se ha comenzado una campaña para el control desde el 2009, que se basa en las siguientes intervenciones:

1. El diagnóstico del cerdo infectado vivo y de sus canales en los rastros.
2. Educación para la salud a la población humana al respecto de los riesgos asociados a cisticercosis y su transmisión. Incluyendo a los trabajadores del sector salud del primer nivel.

3. Promoción de mejoras sanitarias y la instalación de excusados o letrinas en todas las viviendas.
4. La aplicación de una vacuna que evite que los metacéstodos de *Taenia solium* se desarrollen en el músculo del cerdo.

En México hay varios grupos que han aplicado vacunas para la cisticercosis por *Taenia solium* y han mostrado que diferentes tipos de inmunógenos protegen contra la cisticercosis porcina

La primera vacuna reportada con efectividad contra la cisticercosis porcina en México consistió en un extracto total de antígenos de cisticercos de *Taenia solium*, extraídos de cerdos infectados (Molinari *et al.*, 1983, 1993).^{28,29}

Se han utilizado dos antígenos recombinantes de oncosferas de *Taenia solium*, designado TSOL18 y TSOL45 1A-, ambos antígenos fueron efectivos en la inducción de niveles de protección muy elevados (hasta el 100%) en tres ensayos independientes de vacuna contra la infección en los cerdos desafiados experimentalmente con huevos de *T. solium*, que se llevaron a cabo en México. Este es el más alto nivel de protección que se ha logrado contra la infección por *T. solium* en cerdos mediante la vacunación con antígenos definidos como: TSOL18 TSOL45-1 (Flisser *et al.*, 2004).³⁰

En los últimos años se ha demostrado que una vacuna denominada S3Pvac constituida por tres péptidos sintéticos denominados GK1, KETc1 y KETc12, reduce en 97.8% la cantidad de cisticercos en cerdos criados en forma rustica expuestos al desafío natural (Toledo *et al.*, 1999; 2001; Huerta *et al.*, 2001).^{31, 32}

Esta vacuna se ha expresado en forma recombinante y ha demostrado ser efectiva en condiciones naturales de transmisión. Actualmente, la vacuna S3Pvac-fago es la versión que se esta utilizando en la campaña de control en México (Sciutto, *et al.*, 2007).³³

Capacidad infectiva y desarrollo de metacéstodos de *T. solium* y *T. saginata*

Numerosos estudios se han desarrollado con el propósito de aumentar el conocimiento de las formas tempranas de desarrollo del parásito, así como la respuesta inmune asociada al mismo.

Con el propósito de determinar la eficiencia en el establecimiento de huevos de *Taenia solium*, Santamaria *et al.*, (2002) inocularon 30 cerdos con cápsulas conteniendo diferentes cantidades de huevos de *Taenia solium* (10, 100, 1000, 10,000 y 100,000). Resultando el 84% de animales infectados. Tres de 5 animales inoculados con 10 huevos desarrollaron metacéstodos (10% de eficiencia). El estudio mostró que la eficiencia del establecimiento de metacéstodos, es menor cuando los animales ingieren grandes cantidades de huevos. Sin embargo a partir de 10,000 huevos ingeridos se infectaron el 100% de los animales. En este estudio se observó que con cantidades mínimas de huevos se genera la respuesta de anticuerpos a partir del día 60 post inoculación y que con infecciones masivas se detectan a partir del día 30.³⁴

Salas *et al.*, (2007). Lograron identificar por métodos histoquímicos e inmunohistoquímicos, diferentes estadios de desarrollo del metacésto de *T. solium*, así como los tejidos en donde se encuentra el parásito a diferentes tiempos posinfección y la interacción huésped-parásito. Los estadios posoncosferales a los 2 días posinfección (dpi) se localizaron en la luz del intestino delgado, vasos sanguíneos mesentéricos, nódulos linfáticos mesentéricos y músculos estriados esqueléticos. A los 4 días posinfección las estructuras parasitarias se encontraron aún en la luz intestinal, hígado y músculo estriado, y de los 6 a los 39 dpi se localizaron en músculos estriado. Las estructuras parasitarias, manifiestan grandes cambios en su morfología y tamaño de los 2 hasta los 6 dpi. A partir del día 14 posinfección se identifica el parásito con métodos convencionales de histoquímica.³⁵

El desarrollo del metacéstodo de *T. saginata*, ha sido estudiado por McIntosh y Miller (1960) quienes infectaron a 34 bovinos; los primeros cisticercos visibles, macróscopicamente encontraron a los 11 días, medían 0.13 x 0.1 mm y el tejido conectivo que lo rodeaba 3 x 2 mm. Tres semanas después de la infección, se encontró en la cavidad un escólex inmaduro y a las cinco y seis semanas, el escólex con ventosas completamente desarrollado. A las diez semanas un cuello invaginado, que se hace visible. Se cree que los cisticercos que tienen de diez a doce semanas de edad son capaces de infectar al huésped definitivo. Durante este estudio que duró 55 semanas no se observó absorción ni muerte de los cisticercos.³⁶

Un aspecto de interés epidemiológico, es la longevidad del cisticerco. En el caso de *T. saginata*, se ha visto que no es uniforme aún en el mismo animal, dependiendo del tejido invadido (Soulsby 1963; Van de Heever, 1967), en el hígado, pulmón y corazón algunos cisticercos se degeneran a los 20 días después de la infección.^{37, 38} A pesar de lo anterior Soulsby (1963) menciona que no es usual encontrar cisticercos vivos y muertos en el mismo huésped.³⁷ Por su parte Froyd (1964), en un experimento realizado, indica que el metacéstodo sobrevive entre 21 y 30 meses (citado por Romero, 1996).³⁹

Existen diferentes opiniones, referente a la posibilidad de diferenciar entre la pared celular del cisticerco de *T. solium* y *T. saginata*; Voge (Pawlowsky y Schultz) en 1963, señaló: “A pesar de las diferencias menores de la estructura de las dos especies, la diferenciación específica no puede garantizarse, cuando el escólex no está disponible”; Estableció que aún cuando los escolices no están presentes, se puede realizar un diagnóstico diferencial del metacéstodo de *T. solium*, *T. saginata* y *T. multiceps*, basándose en un análisis detallado de la estructura histológica de la pared de la vesícula del cisticerco.⁴⁰

Scandred *et al.*, (2009) para comprobar la sensibilidad en la inspección de las canales determinaron la distribución y el número de cisticercos en los tejidos de bovinos infectados experimentalmente. Inocularon con 10.000, 5000, 1000, 100 o 10 huevos de *T. saginata*. La inspección posmortem fue desde 47 hasta 376 días después de la inoculación (dpi), encontrando metacéstodos viables.⁴¹

Dependiendo de la forma como se visualizan macroscópicamente los metacéstodos tanto de *T. saginata* como de *T. solium* en el tejido muscular se describen las siguientes formas:

1. La vesicular, que es la forma infectiva, se caracteriza por su contenido de líquido transparente en el cual, se detecta una estructura blanca que corresponde al escólex. (figura 2)
2. La coloidal, forma también infectiva, se caracteriza por su contenido de líquido turbio, en el cual, se detecta una estructura blanca que corresponde al escólex.
3. La caseosa que consiste en una formación que al corte presenta un contenido amarillento espeso grumoso rodeado por una cápsula blanquecina gruesa. Esta forma ya no es infectiva
4. Estructura que tiene aspecto de cicatriz de tamaño variable, de consistencia dura al corte y que puede contener áreas de calificación, más común para el caso de *T. saginata*. (Aluja *et al.*, 2007).⁴²

DIAGNÓSTICO DE CISTICERCOSIS

En cerdos:

Inspección *in vivo*: El método de diagnóstico más utilizado hasta ahora, es la detección de los cisticercos en la superficie inferior de la lengua del cerdo vivo, es un método traumático para el animal y de difícil ejecución para el hombre. La sensibilidad de este método de diagnóstico es baja, del 25 al 70% según diferentes autores (Viljoen, 1937; Sciutto *et al.*, 1998; Quiroz, 2002).⁴³⁻⁴⁵ Esto significa que un 30 al 75% de los cerdos infectados no se detectan por la inspección de lengua y siguen siendo un factor de riesgo para el consumidor.

En bovinos:

Para el caso de cisticercosis bovina no se cuenta con métodos de diagnóstico para el animal en pie, y el diagnóstico se realiza durante la inspección sanitaria y es poco preciso, porque en bovinos los cisticercos se encuentran en menor cantidad, son más pequeños y se calcifican pronto (Walther y Koske, 1980 y Romero, 1996).^{46, 39}

Inspección *post mortem*: En México, así como en otros países, el Médico veterinario es el responsable sanitario del rastro o matadero, quien realiza la revisión de la carne (revisión *post mortem*) para garantizar la calidad de la misma, notificando al administrador para que proceda o no a su distribución. En caso de encontrar metacéstodos, se debe proceder al decomiso. La inspección de partes afectadas con quistes de taenia o metacéstodos (antes llamados, *Cisticercus bovis*) se efectúa de la manera siguiente, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. (Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos y a la NOM-009-Z00-1994, Proceso sanitario de la carne) Procedimiento:

- a) Cabeza.- antes de la inspección, la lengua será desprendida de los huesos de la cabeza por un empleado oficial con el objeto de practicar en ella la inspección adecuada del músculo masticador interno, los músculos serán inspeccionados después de haberlos cortado para formar planos paralelos al maxilar inferior. Igualmente serán cortados los músculos maseteros por planos comprendiendo toda su masa entre la fascia exterior y la media.
- b) Lengua.- desprendida la lengua, será cortada en forma de láminas para comprobar la existencia de quistes.
- c) Corazón.- la preparación e inspección de los corazones, se hará siguiendo el siguiente método:
 - I. Superficie externa
 - II. La superficie interna del Corazón, será examinada practicándose una incisión longitudinal de la base al vértice del ventrículo izquierdo a lo largo del *septum* interventricular.
 - III. Después de examinar la superficie externa del corazón, el órgano se preparará para futuras inspecciones.^{47, 48}

Con base en la legislación nacional, la NOM-194-SSA1-2004 el numeral 6.10. especifica que el límite máximo permitido para el *metacéstodo de Taenia solium* debe ser ausente y la detección de parásitos deberá efectuarse en lengua, maseteros y en cada una de las canales en los músculos, anconeo, tríceps y en corazón. A pesar de lo estricto de lo propuesto por la reglamentación, no se ha tenido éxito entre otras cosas por la falta de inspectores en muchos de los rastros municipales y por la matanza casera y clandestina de los animales cuya carne se consume sin ningún control.⁴⁸

En la Unión Europea el decomiso se basa en: el reglamento (ce) nº 854/2004 del Parlamento Europeo y del consejo de 29 de abril de 2004, en el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano.⁴⁹

REGLAMENTO (CE) No 1244/2007 DE LA COMISIÓN. 24 de octubre de 2007. Por el que se modifica el Reglamento (CE) no 2074/2005 en lo que respecta a las medidas de aplicación para determinados productos de origen animal destinados al consumo humano y se establecen normas específicas para los controles oficiales de inspección de la carne.⁵⁰

Vargas (1986), realizó un estudio sobre la distribución del metacéstodo *Taenia solium* en diferentes regiones musculares del cerdo y su importancia para la inspección sanitaria, indicando que el grado de infección entre las distintas masas musculares varía ampliamente. En ese estudio los músculos masticadores especialmente el masetero son los que tienen el mayor grado de infección, por lo que recomienda inspeccionar las canales a través del corte de masetero simultáneamente con el brazuelo, de tal manera que el diagnóstico a nivel de rastro se haga con mayor grado de seguridad. Esencialmente no encontró diferencias significativas entre el grado de infección de los músculos del lado derecho y sus homólogos del lado izquierdo en canales altamente parasitadas.⁵¹

Diagnóstico inmunológico: En seres humanos las técnicas de inmunodiagnóstico incluyen la detección de antígenos circulantes del parásito y de anticuerpos anti-cisticerco tanto en suero como en líquido céfalo-raquídeo (LCR) (Del Brutto *et al.*, 1996).⁵²

Harrison *et al.* (1989), diseñaron un sistema de inmunodiagnóstico por captura de antígeno utilizando un anticuerpo monoclonal (HP10), que reconoce un epítipo presente en proteínas secretadas por los cisticercos de *T. saginata* y *T. solium*.⁵³

Wang *et al.* (1992), produjeron un anticuerpo monoclonal contra antígenos de cisticerco de *T. solium*, desarrollaron un método de captura de antígenos con dos anticuerpos monoclonales (12G5 y 2H8), este ensayo mostró buena correlación con la tomografía axial computarizada (TAC)⁵⁴ y biopsias (Erhart *et al.*, 2002), permitiendo hacer el diagnóstico de cisticercosis activa.⁵⁵

La prueba en humanos ha sido utilizada tanto en suero como en LCR con buenos resultados (Correa *et al.*, 1989; García *et al.*, 1998 y 2002; Ferrer *et al.*, 2002 y 2003).⁵⁶⁻⁶⁰ Más recientemente se ha demostrado que la detección del antígeno HP10 del metacéstodo secretado en el líquido cefalorraquídeo es un método con alta sensibilidad (85%) y especificidad (91%) para el diagnóstico y seguimiento de la forma más severa de la enfermedad, cuando los cisticercos viables se localizan en los ventrículos o en cisternas subaracnoideas en la base del cráneo (Fleury *et al.*, 2007).⁶¹

Las glicoproteínas detectadas con base a su asociación de lectinas han sido señaladas como antígenos específicos en cisticercosis. Al respecto Tsang *et al.* (1991), lograron purificar por cromatografía de afinidad con lectina, siete glicoproteínas a las cuales denominaron: (GP13, GP14, GP18, GP21, GP24, GP39-42, GP50) de metacéstodos de *T. solium*, mismas que exhibían un 98% de sensibilidad y 100% de especificidad para el diagnóstico de cisticercosis, empleándolas en la técnica de “Enzyme-Linked Immunoelctrotransfer Blot Assay” o “Western blot” EITB.⁶² Estos métodos, si bien son bastante confiables, no se aplican en gran escala en los países donde existe la zoonosis en cerdos por su costo elevado y dificultades de orden técnico para su ejecución.

En México existe ya una amplia experiencia a nivel experimental con el empleo de la técnica de ELISA en cerdos. (Sarti *et al.*, 1998; Sciutto *et al.*, 1998; Morales *et al.*, 2002).^{63, 64, 8}

Al respecto de la detección del parásito adulto se ha empleado la caracterización molecular de parásitos adultos de *T. solium* y *T. saginata* por reacción en cadena de la polimerasa (Polymerase Chain Reaction PCR), que permite confirmar el diagnóstico morfológico de pequeños fragmentos de proglótidos. Se demuestra claramente las diferencias especie /específico de *T. solium* y *T. saginata* y sus *metacéstodos*. (González *et al.*, 2002; Harrison *et al.*, 1990).^{12, 65} Actualmente, se están caracterizando secuencias de regiones amplificadas (Sequence characterized amplified region SCAR), estos marcadores que son producidos por “Random amplified polymorphic DNA” (RAPD) son mucho más específicos para PCR, lo que permite una mayor confiabilidad (Karche *et al.*, 2007).⁶⁶

Actualmente, se han utilizado técnicas como: Tomografía computarizada (TAC) y Resonancia magnética (RM), para el diagnóstico de cisticercosis en seres humanos, ya que proveen evidencia objetiva del número y topografía de las lesiones, su estado de evolución y el grado de reacción inflamatoria perilarvaria del hospedador contra el parásito (García y Del Brutto, 2003).⁶⁷ Estas técnicas aunque son de amplio uso en las zonas urbanas, son muy costosas y de difícil acceso en la mayoría de las áreas donde la cisticercosis es endémica (Del Brutto *et al.*, 1996).⁵² Con base en lo anterior estas técnicas son hasta el momento inaccesibles para el diagnóstico de la cisticercosis porcina y bovina e incluso humana en forma rutinaria, a nivel rural.

Principios básicos de la Ultrasonografía

La ultrasonografía (US) es una técnica de diagnóstico médico basada en la acción de ondas de ultrasonido. (ver Anexo I, II).

Cada estructura anatómica debe estudiarse de manera rutinaria por lo menos en los planos longitudinal y transversal (planos ortogonales), con respecto al eje mayor de la estructura estudiada y cubriendo toda el área anatómica.

Es recomendable realizar un estudio comparativo con el lado contralateral o supuestamente sano o al menos con la porción asintomática de la estructura evaluada, con el fin de resaltar y comparar las estructuras normales de las presuntamente patológicas y hacer más claras sus diferencias o similitudes. (Vargas *et al.*, 2008).⁶⁸

Para la interpretación de las imágenes existen términos ecográficos. (ver Anexo II Glosario) Los que más utilizaremos son:

- *Anecógeno* (anecoico). Elemento en que los ultrasonidos no se reflejan.
- *Ecógeno*. Material que refleja los ultrasonidos; la imagen es más o menos blanquecina según la ecogenicidad del órgano o de la región estudiada.
- *Hipoecógeno*.(hipoecoico). Material que refleja poco los ultrasonidos; la imagen es grisácea y más bien oscura.
- *Hiperecógeno* (hiperecoico). Material que refleja los ultrasonidos de forma muy marcada; la imagen es muy blanquecina y más brillante según la naturaleza de la región estudiada. (Loroit *et al.*, 1997).⁶⁹

Músculos. Ecográficamente se comportan como hipoecoicos; sin embargo, los haces musculares están separados por septos de tejido conectivo fibroso-adiposo (perimisis), por túnicas que rodean al músculo entero (epimisis) y por las fascias que se interponen, dando lugar a una serie de interfases ecogénicas o hiperecoicas que cruzan el fondo magro hipoecoico. Así, el músculo muestra una imagen típica que se ha denominado “en pluma de ave” en las imágenes

longitudinales y “moteada” o “en cielo estrellado” en las transversales, algunas estructuras vasculares pueden detectarse en su interior. (Rodríguez-H. *et al.*, 2009).⁷⁰

Usos de Ecografía en Medicina Veterinaria y Zootecnia: Las áreas donde se ha usado el ultrasonido en MVZ son las siguientes:

- *La clínica de pequeñas especies*, principalmente en cardiología y para el área abdominal donde comunmente se realiza diagnóstico en hígado, bazo, riñones, vejiga y aparato genital femenino.
- *La clínica de equinos*: Es importante el área abdominal, pero tiene mayor énfasis en el diagnósticos del aparato locomotor, por ejemplo identificando la integridad o cambios de densidad de los tendones.
- *La clínica de fauna silvestre*: la utilización de la ultrasonografía es similar a lo antes mencionado
- Diagnóstico de gestación, cabras, borregos, perros, cerdos en equinos y bovinos se puede realizar el seguimiento de la dinámica folicular, diferenciando cuerpos lúteos y cuerpos hemorrágicos.
- Otro de los usos de la ultrasonografía es para determinar la calidad de la carne, proporciona información sobre la composición, estructura y textura del tejido.

Al respecto, Cross y Whittaker en 1990, señalaron que el método objetivo de evaluación de canales con ultrasonido es ventajoso en la línea de matanza (de preferencia antes de que la piel sea removida).⁷¹ Una de sus grandes ventajas es que puede aplicarse en animales vivos y en canales; además, las mediciones son exactas y permiten predecir la textura final de la carne (Thane, Whittaker, 1990 citado por López, P., 1998).⁷²

Se sabe que la exactitud de la velocidad de medición del tejido biológico es de \pm 5% (Lake RJW, 1989, citado por López P., 1998).⁷² Por lo tanto es importante

conocer el coeficiente de atenuación del ultrasonido en los diferentes tejidos. (Cuadro 1)

Reflexión de las Ondas de Ultrasonido. La reflexión de ondas de ultrasonido ocurre en las interfases o espacios entre dos materiales de diferente impedancia; por ejemplo, entre grasa/músculo. (Cuadro 2)

El ultrasonido y el diagnóstico de parasitosis

Hasta la fecha se ha usado la ultrasonografía en el diagnóstico de lesiones patológicas quísticas y de equinococosis alveolar causadas por parasitosis como Echinococosis e hidatidosis, y con el incremento del uso del ultrasonido desde 1970, este se ha utilizado para el diagnóstico de estas lesiones (Macpherson *et al.*, 2003).⁷³

Gharbi *et al.*, 1981, propusieron la primera clasificación⁷⁴ y Caremani *et al.*, 1997, propusieron una clasificación para las imágenes ultrasonográficas de los quistes de equinococosis en humanos, permitiendo la evaluación de los diferentes estados parasitarios, definiendo 7 tipos que van del quiste simple I al clasificado VII. Para el examen sonográfico del hígado, peritoneo y otros órganos, como el bazo y riñón utilizaron transductores de 3.5 MHz, comprobando una alta asociación del diagnóstico por ecografía y la serología.⁷⁵

Macpherson (2003), indica que la ultrasonografía generalmente produce imágenes consistentes, por lo que los resultados no pueden producir gran variación. Al realizar pruebas de sensibilidad, especificidad, valor predictivo, positivo y negativo, concluyen que la alta calidad de las imágenes puede ayudar a diagnosticar correctamente las Echinococosis quísticas (CE(Cystic echinococosis)).⁷³

Debido a la expansión de tecnologías como el ultrasonido y al incremento de conocimiento en la historia natural de Echinococosis, el grupo de trabajo de la

OMS (WHO Informal Working Group 2003) sugiere la necesidad de una clasificación estandarizada de las imágenes ultrasonográficas y realizar recomendaciones clínicas dependiendo el tipo de quiste.⁷⁶

La clasificación se propone como una herramienta epidemiológica y en investigaciones clínicas para poder realizar diagnósticos diferenciales con diferentes etiologías como: lesiones parasíticas, desordenes congénitos, quistes biliares o neoplasias.⁷⁶

Designan CE al tipo de lesión, CL a lesiones císticas. El primer grupo de quistes es CE 1 y 2, que refieren a quistes activos, usualmente viables y que contienen protoscolex. El tipo CE3. es un quiste en estado transicional con integridad de capsula. El tercer grupo clínico CE tipo 4 y 5 son quistes inactivos, normales de baja fertilidad y degenerados.⁷⁶

Rodríguez Prado (2008), realizó estudios de la situación epidemiológica de la Equinococosis en perros y de la Hidatidosis en cerdos y borregos en una comunidad rural del estado de Zacatecas, México, por medio de la ultrasonografías y determinó la presencia de esta zoonosis corroborándolo con la inspección en rastro.⁷⁷

Diagnóstico de cisticercosis humana por ultrasonografía

Vijayaraghavan (2004) describió la apariencia ultrasonográfica de cisticercos en músculo de 4 pacientes humanos con diferentes síntomas, utilizando transductores lineal y convexo. En dos pacientes colectó fluido de cisticercos intramusculares, en otro colectó poco fluido de un quiste irregular y en otro observó calcificaciones elípticas múltiples en hígado, mesenterio y en grasa retroperitoneal. Encontró 4 apariencias sonográficas en tejidos.⁷⁸

Jankharia *et al.*, (2005).⁷⁹ Presentan los resultados de la ecografía y la resonancia magnética en seis pacientes con cisticercosis en tejido muscular. En cuatro de ellos había escólex dentro de los quistes. Las ecografías realizadas en todos los pacientes mostraron resultados similares, los metacéstodos se aprecian con mayor claridad cuando se observa el escólex. Los autores indican que la Resonancia magnética y ultrasonido son útiles en el diagnóstico de cisticercosis en tejido muscular y se puede establecer de forma fiable el diagnóstico cuando se observa un quiste claro con escólex.

Singal R *et al.*, (2010).⁸⁰ Indican la importancia de mantener siempre como un diagnóstico diferencial a la cisticercosis en todos los tipos de inflamación subcutánea en las regiones endémicas. Demuestran que la ecografía de alta resolución, no es invasiva y ni ionizante, por lo tanto desempeña un papel importante para establecer el diagnóstico en los pacientes con cisticercosis muscular sin la necesidad de realizar una biopsia.

Recientemente, se ha descrito un método de diagnóstico para la cisticercosis porcina y bovina (Herrera *et al.*, 2007, Aluja *et al.*, 2007) por medio de la ultrasonografía.^{81, 42}

El objetivo del presente trabajo es establecer con precisión la utilidad de este método comparándolo con inspección en lengua y el ELISA.

HIPÓTESIS

1. El diagnóstico de la cisticercosis porcina por ultrasonografía en el animal vivo tiene mayor sensibilidad y especificidad que la inspección en lengua y por serología.
2. El diagnóstico de la cisticercosis bovina por ultrasonografía, tiene mayor sensibilidad y especificidad que la inspección de canales en rastro.

OBJETIVOS

Generales

1. Comparar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico de cisticercosis porcina mediante las siguientes técnicas: a) Inspección en lengua, b) serología (ac-ELISA), c) ultrasonografía, considerando el diagnóstico de referencia a la necropsia especializada según protocolo de cisticercosis.
2. Comparar la sensibilidad y especificidad del diagnóstico de cisticercosis bovina mediante las siguientes técnicas: a) ultrasonografía, y b) inspección en canal.

Específicos

En cerdos

1. Detectar cerdos vivos infectados con el metacéstodo de *Taenia solium* y no infectados, por medio de la ultrasonografía.
2. Detectar cerdos vivos infectados con el metacéstodo de *Taenia solium* y no infectados, por medio de la inspección en lengua.

3. Detectar anticuerpos contra el metacéstodo de *Taenia solium* en cerdos vivos por medio de la técnica de ELISA.
4. Determinar el estado real de infección en cerdos evaluados en lengua, por ultrasonido y ELISA, a través de la necropsia.
5. Comparar la sensibilidad y especificidad de la inspección en lengua, ultrasonido y ELISA, comparando con la necropsia.
6. Comparar las imágenes ultrasonográficas con los aspectos macroscópicos de las larvas (vesiculares, coloidales, caseosos y calcificados).

En bovinos

1. Detectar la infección con el metacéstodo de *Taenia saginata* en bovinos vivos, por medio de la ultrasonografía.
2. Detectar cisticercos en canales de bovinos, por medio de la ultrasonografía.
3. Comparar la sensibilidad y especificidad entre ultrasonido y la inspección en canal.
4. Comparar las imágenes ultrasonográficas con los aspectos macroscópicos de las larvas (vesiculares, coloidales, caseosos y calcificados)

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Investigación en Cisticercosis del Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Es un estudio: Observacional, Prospectivo, Transversal y Comparativo

Características de los sujetos de estudio

Se utilizó la información obtenida de 101 cerdos vivos de ambos sexos, mayores de dos meses y hembras no gestantes provenientes de algunas localidades de los estados de Morelos y Guerrero, México. De estos mismos, también se analizaron 98 animales en la necropsia.

Se utilizó la información obtenida de 44 bovinos para carne en pie menores de dos años y 98 canales en rastro (incluyendo 41 de los becerros en pie antes referidos), provenientes de los estados de Baja California y Guerrero. También los datos obtenidos de un becerro de la raza Holstein Friesian, de 5 meses de edad y 174 kg, mismo que fue infectado experimentalmente.

Características de la Obtención de Datos

1.-Sujetos de estudio: Cerdos

Para realizar la inmovilización de los cerdos se aplicó:

Contención física. La sujeción de los animales fue con laza trompas o con cuerdas y en la medida de lo posible ayudados por sus dueños, para tratar de estresarlos lo menos posible. Este manejo generalmente se realiza con grupos o equipos de trabajo conformado al menos de tres personas; uno, sujeta al animal, otro maneja la cabeza del cerdo y abre la trompa, otra persona revisa la lengua. El número de personas varía dependiendo del tamaño del cerdo.

Inspección de lengua: Para la observación en lengua, ya inmovilizados los cerdos, se utilizó un trozo de madera para abrir la boca y con una gasa se sujetó la lengua para poder realizar una inspección visual del epitelio de la superficie ventral, observando estructuras sugerentes de cisticercos y posteriormente se realizó palpación de la lengua desde la base hasta la punta, presionando ambas superficies, deslizando la lengua entre los dedos y tratando de identificar cualquier nódulo sugerente de la presencia del metacéstodo.

Toma y envío de muestras para serología (ELISA): Para el análisis serológico, en las muestras de suero en cerdos, fueron extraídos de la vena cava craneal de 3 a 5 mL de sangre, con tubos de vacutainer y agujas del número 18, Los tubos se etiquetaron para su identificación y se separó el suero, mismo que se transportó en refrigeración al Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, donde se realizaron las pruebas de ELISA para detección de anticuerpos séricos IgG totales anti-*T solium* (Modificado de Fleury *et al.*, 2003).⁸²

Diagnóstico por ultrasonografía: Se utilizó un equipo de ultrasonografía portátil con transductor lineal multifrecuencia de 6 a 12 MHz y transductor convexo multifrecuencia de 2 a 5 MHz¹. En el caso de la técnica ultrasonográfica en cerdos vivos, se colocó gel de acoplamiento sobre la piel sin rasurar, mojada con agua y alcohol para reducir el aire y mejorar la imagen.

Las regiones anatómicas que se determinaron para realizar el Ultrasonido fueron: maseteros, músculos cervicales, miembro torácico porción proximal y miembro pelviano porción proximal. La técnica se empleó en un solo lado del animal, tomando como base a Vargas (1984) que demostró que no hay diferencias entre los dos lados.⁸³

¹ SONOSITE, Modelo Micromaxx

En el presente trabajo, se determinó la importancia de realizar la evaluación en plano transversal y confirmar en el plano longitudinal con respecto a la inserción u orientación del músculo, para delimitar las estructuras quísticas y evitar confundirlas con vasos sanguíneos, adicionalmente, se utilizó la función doppler color, que indica si hay flujo sanguíneo.

Se grabaron en archivo de imágenes y video aquellas con estructuras quísticas sugerentes a cisticercos delimitando o señalando su localización, para su identificación *postmortem*.

Se emitió un diagnóstico positivo, cuando se observaron estructuras con el escólex en el interior.

Necropsia: Se realizó la necropsia en los cerdos siguiendo el protocolo propuesto por Aluja y Constantino *et al.*, (2002),⁸⁴ realizando cortes en músculo de 0.5 a 1.0 cm (Walther y Kosker, 1980).⁴⁶

Histología. En los 12 primeros cerdos se realizó el estudio de histología. Las muestras de músculo se fijaron en formalina al 10% amortiguada a un pH de 7.2. Las muestras se incluyeron en parafina, se obtuvieron cortes de 5µ de grosor y se tiñeron con hematoxilina-eosina. En algunos casos se realizaron cortes seriados para determinar el grado de reacción inflamatoria alrededor del parásito a diferentes niveles. La evaluación histológica se fundamentó en los criterios de una clasificación ordinal propuesta por Aluja y Vargas (1988).⁸⁵

2.-Sujetos de estudio: Bovinos

A) Infección experimental

Obtención de la *Taenia saginata*: El gusano adulto fue obtenido de un hombre de 45 años, del municipio de Iguala, Guerrero, el cual recibió tratamiento de niclosamida (2 g en dosis única). El parásito obtenido se enjuagó 5 veces con agua purificada y con solución salina al 0.85%, se transportó en solución salina y en refrigeración a la ciudad de México a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y al Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, donde se realizó el diagnóstico de diferenciación de especie. Los proglotidos se conservaron con PBS en refrigeración durante 30 días.

La viabilidad de los huevos de *Taenia saginata* se comprobó con azul Tripan (0.4%)², siguiendo las recomendaciones de Wang *et al.*, (1997)⁸⁶ y Santamaria, (1999).⁸⁷

Al becerro, se le administraron cinco proglotidos grávidos de *Taenia saginata* en una mezcla de melaza a consumo voluntario.

Durante siete días posteriores a la inoculación se realizaron conteos de huevos por gramo de heces (Hpgh) en la materia excretada y se verificó la viabilidad de los huevos encontrados con azul Tripan.⁸⁷

Se tomaron muestras de sangre y se obtuvo el suero con el que se realizó el diagnóstico por ELISA, para la detección de anticuerpos y la medición de antígeno de secreción de cisticerco HP10 (Modificado de Fleury *et al.*, 2003; Ávila, 2005).^{82,88}

Por otra parte, se realizaron ultrasonografías los días 33, 54, 90, 105 y 140 post-infección, utilizando un equipo con transductores lineales y convexos, con multifrecuencia de 6 a 11 MHz.³

² Sigma Cell Culture

Finalmente, en el día 145 post-infección, se realizó la eutanasia con base a la NOM-033-ZOO-1995⁸⁹ y posteriormente la necropsia para el conteo y la clasificación de metacéstodos en media canal.

B) Infección natural

Se revisaron 44 bovinos en pie y 98 canales en los rastros municipales de Iguala y Chilpancingo, Guerrero y en tres rastros TIF de Mexicali, Baja California, en ambas zonas donde existían antecedentes de la presencia del metacésto.

A los bovinos vivos, se colocó gel de acoplamiento sobre la piel sin rasurar, mojada con agua y alcohol para reducir el aire y mejorar la imagen. Se realizó la ultrasonografía efectuando diferentes cortes de imagen (sagital, transversal y oblicuo), para delimitar las estructuras quísticas y evitar confundirlas con los vasos sanguíneos. Adicionalmente, se utilizó la función *Doppler* color, la cual indica la dirección del flujo sanguíneo.

Después de la matanza, nuevamente se realizó ultrasonografía en la canal sin aplicación de gel, únicamente se utilizó agua como medio de acoplamiento. Además, se realizó la inspección de canales en rastro para determinar la presencia del metacésto de *Taenia saginata* en el músculo de 98 canales de bovino. La inspección se realizó con base en la norma NOM-194-SSA1-2004⁴⁷ en los rastros municipales, y en la NOM-009-ZOO-1994 en los rastro Tipo Inspección Federal (TIF).⁴⁸ Adicionalmente, en todas las canales se revisaron los miembros torácico y pelviano.

³ Logic book y Logic 5 de General Eelectric

1.- Rastro Municipal de Iguala, Guerrero.

En este rastro la infraestructura y el proceso son rudimentarios, se realiza la inspección de los animales en pie en los corrales, posteriormente pasan a un área donde en el mismo sitio se realiza la matanza, el desolle y la evisceración, se corta en piezas (miembro torácico, costillar y miembro pelviano), esta acción se realiza en el suelo y posteriormente se cuelgan los trozos para su comercialización.

Se examinaron 41 bovinos en pie con el ultrasonido y de ellos en 38 se realizó un segundo examen ecográfico en la canal. Ambos resultados se compararon con la inspección sanitaria. En tres ocasiones, no fue posible realizar el segundo examen, ya que el proceso de faenado de estos animales lo realizaron muy rápidamente para su distribución, solo se realizó la inspección visual.

En este rastro la inspección la realizan tres Médicos Veterinarios pertenecientes a la Dirección de Salud, de la Presidencia Municipal.

2.- Rastro Municipal de Chilpancingo, Guerrero.

Este rastro se utiliza tecnología en el proceso superior a la descrita anteriormente, pero menor a un rastro TIF. Existen los corrales para la recepción de los animales. Tienen por separado las áreas, matanza e inspección de cabeza, vísceras rojas y verdes, las canales cuelgan de un riel, las enjuagan y después las dirigen al área de entrega para el comprador o intermediario.

Se revisaron tres bovinos en pie, pero no se realizó el ultrasonido en las canales de estos tres animales y sólo se compararon con los resultados de la inspección sanitaria.

Se revisaron 15 canales con el ultrasonido y se compararon con los resultados de la inspección sanitaria.

Adicionalmente se revisaron maseteros y corazón, que no todos pertenecían a las canales inspeccionadas.

En este rastro, el responsable de la inspección sanitaria es un Médico Veterinario perteneciente al Comité de Fomento Pecuuario del Estado de Guerrero.

3.- Tres Rastros TIF en Mexicali, Baja California.

Se trabajó en tres rastros Tipo Inspección Federal (TIF) en Mexicali, Baja California, México. Dadas las condiciones de manejo en estas empresas pecuarias, no fue posible hacer la inspección ultrasonográfica de los animales en pie.

La inspección sanitaria de rutina la realizaron médicos oficiales aprobados para inspección en plantas TIF.

Se realizó ultrasonografía en 13 canales de los rastros TIF de Mexicali, previamente dadas como positivas en la inspección sanitaria, que llevaban de 24 a 48 h de retención en cuarto de refrigeración, a las cuales, en diferentes etapas, se les dió el siguiente proceso: a) Exámenes preliminares con ultrasonido, a tres canales se les retiro grasa subcutánea endurecida por frío, b) Siete canales se cortaron en piezas y se realizó la ultrasonografía, y a los trozos c) A Seis canales en miembro torácico y pelviano realizaron cortes de 1 a 4 cm de grosor para observar el tejido y ratificar la presencia o ausencia del metacéstodo.

Del mismo modo se revisaron con el ultrasonido 29 canales al finalizar la línea de matanza posterior al enjuague antes de ingresar al cuarto frío.

Complementariamente se inspeccionaron por ultrasonografía tres corazones, que estaban en refrigeración, cuyo diagnóstico fue ratificado como positivo, por la inspección sanitaria, y cuyas canales ya habían sido desechadas tiempo atrás.

Se relacionaron las imágenes obtenidas con ultrasonografía con las fases de desarrollo del cisticerco observadas en la canal y la clasificación en su forma vesicular, coloidal, caseosa y calcificada, conforme a lo propuesto por Aluja *et al.*, (1988).⁸⁵

Análisis de la Información

La prueba estadística para determinar la significancia de la diferencia en las frecuencias observadas de acuerdo al diagnóstico emitido fue la prueba de bondad de ajuste Chi cuadrada, ya que las variables tienen valores nominales en dos categorías: positivo o negativo.⁹⁰

Se determinó la concordancia entre la necropsia (norma de referencia) y el diagnóstico en lengua, ELISA y ultrasonografía a través del estadístico de Kappa y su significancia estadística.⁹¹

Para describir la validez de cada prueba, se determinaron los valores estimados de Sensibilidad (Se), Especificidad (Es), Valor Predictivo Positivo (Vp(+)) y Valor Predictivo negativo (Vp(-)) (Greenberg, 2005).⁹²

Para la comparación entre pruebas y evaluar las proporciones de negativos y positivos se utilizó la Chi cuadrada.

Para determinar la repetibilidad, el archivo de imágenes lo analizaron tres observadores en forma independiente, dictaminando la presencia o ausencia del metacétodo.

RESULTADOS

En cerdos:

Se trabajó con 101 cerdos provenientes de áreas rurales de los Estados de Morelos y Guerrero, México, de los cuales 99 se evaluaron mediante necropsia, 98 con ultrasonido, 98 mediante de inspección en lengua y 97 por ELISA.

Comparación de pruebas:

1. Diagnóstico con Ultrasonografía: De los 98 cerdos evaluados mediante este procedimiento, el diagnóstico fue confirmado en 21 cerdos por necropsia (21.42%), fueron positivos y presentaron imágenes sugerentes del metacéstodo de *Taenia solium*, y de ellos 19 también lo fueron en la necropsia; de los 77 (78.57%) cerdos que resultaron negativos al ultrasonido, 76 también lo fueron en la necropsia, se encontró una relación significativa $X^2 = 80.78$ ($p < 0.01$). (cuadro 3)

La concordancia Kappa= 0.907489, con ($P < 0.001$). Para la validez de cada prueba, se estimó una Sensibilidad (Se) del 95%, Especificidad (Es) del 97.4%, Valor Predictivo Positivo (Vp(+)) de 90.5% y el Valor Predictivo negativo (Vp(-)) de 98.7% con ($p < 0.01$). (cuadro 6)

2. Diagnóstico en lengua: De los 98 cerdos evaluados mediante este procedimiento, 29 (29.59 %) fueron considerados positivos y de ellos 17 (17.34%), también lo fueron en necropsia; de los 69 (70.40%) negativos, al compararlos con la necropsia en 66 (67.34%) también fueron negativos, se obtuvo una relación de $X^2 =$ de 37.03 con una probabilidad de ($P < 0.001$). (cuadro 4)

La concordancia Kappa= 0.596376 ($P < 0.001$). La sensibilidad fue de 85.0%, la especificidad fue de 84.6%, Vp(+) de 58.6% y Vp(-) de 95.7% (cuadro 6).

3. Diagnóstico por detección de anticuerpos por ELISA: De las 97 muestras evaluadas por este procedimiento, 28 (28.86%) fueron positivas y de ellas 19 también lo fueron en la necropsia; de los 69 (71.13%) negativos, al compararlos con lo observado en la necropsia, 68 (70.10%) coincidieron en el diagnóstico, con una relación significativa de $X^2 = 53.67$ ($P < 0.001$).

La concordancia Kappa= 0.725679 con una $P < 0.001$. La sensibilidad fue de 95%, Especificidad fue de 88.3%, $V_p(+)$ de 67.9% y $V_p(-)$ de (98.6)%. (cuadro 6)

4. Comparando entre las pruebas y la evaluación entre las proporciones de negativos y positivos, se observó una mayor sensibilidad del ultrasonido (95%) que el diagnóstico basado en la inspección de lengua (85%), sin embargo esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($P > 0.05$). (cuadro 7)
5. Al respecto de la especificidad, de los ensayos utilizados, al comparar los resultados negativos obtenidos por las tres pruebas con los resultados obtenidos por la necropsia, se observó una mejor proporción de aciertos con el ultrasonido con una diferencia estadísticamente significativa global ($P < 0.05$). (cuadro 8)

Imágenes Ecográficas

En imágenes ultrasonográficas de cerdos con el metacésto de *T. solium*, se observan estructuras anecóicas con o sin un área hiperecóica interna que corresponde al escólex; en la canal éstas aparecen como cisticercos vesiculares. En otros animales se detectan zonas más pequeñas, hiperecóicas alargadas las que en la canal aparecen como áreas caseosas o calcificadas.

Se observaron cambios en la forma del metacésto en los distintos grupos musculares de las áreas inspeccionadas los cuales se refieren a continuación:

- En el masetero las imágenes del metacéstodo son redondas y ovaladas, se observan entre las fibras musculares. Figura 6.(a,b)
- En el área cervical las formas son ovaladas y redondas. Figura 7 (a,b,c,d)
- En el miembro torácico las imágenes del metacéstodo se observan ovaladas y alargadas o ahusadas. Figura 8 (a,b,c,d)
- En el miembro pelviano las figuras son ovaladas y alargadas o ahusadas. Figura 9 (a,b,c,d)
- En la región dorsal las formas son ovaladas y redondas. Figura 10

En la necropsia la mayoría de los metacéstodos encontrados en los músculos del cerdo estaban en forma vesicular a coloidal, solo en dos casos se encontraron en forma caseosa.

En el estudio histológico la mayoría de los cisticercos corresponden a los grados 2 y 3. Estos cisticercos son vesiculares por lo que se consideran viables; por lo tanto concuerda con las imágenes ultrasonográficas, ya que las estructuras observadas eran anecoicas.

En bovinos

Infección experimental de un bovino con proglótidos grávidos de *T. saginata*.

La viabilidad de huevos de una *T. saginata* usada para la infección fue del 60%. Esto se determinó al teñirse el interior de los huevos con el azul de Tripan.

La viabilidad de los huevos encontrados en heces durante los 7 días posteriores a la inoculación, se distribuyó de acuerdo al cuadro 7.

Serología. Se observó un incremento de la densidad óptica en ELISA, tanto para detección de anticuerpos como para el antígeno de secreción de cisticerco HP10 a partir del día 32 *post infección*, teniendo el pico máximo el día 56 *post infección*, para el antígeno HP10. Ambos muestran disminución marcada al día 76 *post infección*. Figura 12

Ultrasonidos. Al becerro se le realizaron los primeros estudios con el ultrasonido a los 33 días post-infección (dpi); los resultados fueron negativos. A los 54 dpi se hicieron nuevamente estudios y se observaron zonas anecóicas dudosas que no permitieron un diagnóstico. A los 90 dpi se observaron formaciones francamente anecóicas con una estructura blanquecina (hiperecócica) correspondiente al escólex, compatibles con diagnóstico de metacéstodos.

A los 105 dpi el aspecto de los metacéstodos ya no fue tan claro, a los 140 dpi ya no se distinguieron formaciones hipoecóicas sino áreas hiperecóicas pequeñas y alargadas.

Necropsia. Durante la necropsia a las 145 dpi se encontraron numerosas estructuras pequeñas alargadas, de aspecto blanquecino, consistencia fibrosa que al corte en ocasiones crepitaban, sugiriendo ligera calcificación. Figura 14(b)

El número de metacéstodos de *T. saginata* encontrados durante la necropsia se presenta en el cuadro 10, la mayor cantidad se localizaban en el miembro pelviano 133, lomo 125 y miembro torácico derecho 88.

Histología. En el estudio histológico, se confirmó que las zonas hiperecóticas mencionadas en el párrafo anterior corresponden a lesiones con centros necróticos rodeados por una franja de células inflamatorias que en su mayoría consisten de linfocitos y una población variable de eosinófilos, macrófagos y células gigantes y adicionalmente la presencia de corpusculos calcáreos. Figura 14 (c y d)

Infección Natural de Bovinos con *T. saginata*

1. Rastro Municipal de Iguala, Guerrero.

- a) De 41 bovinos vivos examinados con el ultrasonido el resultado fue negativo al no encontrarse estructuras sugerentes del metacéstodo.
- b) En la inspección de 38 canales de bovinos con el ultrasonido el resultado también fue negativo. Figura 15 (a,b,c y d)
- c) El la revisión de las piezas cortadas el resultado también fue negativo.
- d) Al final se compararon los resultados con los de la inspección sanitaria de la canal que también fue negativo.

2.- Rastro Municipal de Chilpancingo, Guerrero.

- a) Los 3 animales revisados en pie con el ultrasonido fueron negativos.
- b) Al revisar las 15 canales de bovino con el ultrasonido el resultado fue negativo al no encontrarse estructuras sugerentes del metacéstodo.
- c) Se compararon con los resultados de la Inspección Sanitaria que fueron negativas.
- d) En la inspección visual y ultrasonográfica los maseteros y corazón de estas 15 canales tambien fueron negativos.

3.- En tres Rastros TIF en Mexicalí, Baja California.

- a) A las 13 canales de bovinos diagnosticadas previamente como positivas en inspección sanitaria y guardadas en refrigeración se les realizaron los siguiente procedimientos:

- A tres canales que se les retiró un poco de grasa subcutánea y mediante ultrasonografía fueron negativas.
- Siete canales se cortaron en piezas y al revisarlas por ultrasonografía también resultaron negativas.
- Seis canales se diseccionaron mediante cortes de 1 cm a 4 cm de grosor, se les determinó la ausencia del metacéstodo.

En resumen las 13 canales fueron negativas al no encontrarse estructuras sugerentes del metacéstodo con el ultrasonido, no obstante que el diagnóstico oficial había sido positivo.

- b) Del mismo modo las 29 canales frescas fueron negativas.
- c) La disección de hígados y corazones fue negativa.
- d) En la inspección complementaria de 3 corazones de bovino positivos, las imágenes del ultrasonido se relacionaron con las fases de desarrollo del cisticerco y principalmente las formas observadas fueron: en uno la mayoría era vesicular y en los otros fueron coloidales y caseosos. Figura 16 (a,b,c y d)

Discusión

Este trabajo se diseñó con el propósito de determinar la especificidad y sensibilidad del diagnóstico del metacéstodo de *T. solium* en cerdos mediante ultrasonografía. Se utilizó como método de diagnóstico de referencia la necropsia. Los resultados obtenidos en este trabajo de tesis indican que la ultrasonografía presenta alta sensibilidad (95%) y especificidad (97.4) para el diagnóstico de la cisticercosis porcina. En el mismo grupo de animales se utilizó el diagnóstico de cisticercosis por inspección en lengua y por detección de anticuerpos en suero por la técnica de ELISA con el propósito de comparar la ultrasonografía con los procedimientos existentes más ampliamente utilizados. El diagnóstico por inspección de lengua presentó una menor sensibilidad (85 %) y especificidad (84.6%) que la ultrasonografía, aunque la diferencia no resultó significativa. El diagnóstico serológico presentó una sensibilidad del 95% y una especificidad del 88.3 %. La especificidad obtenida con el método serológico, aunque más baja que por ultrasonografía, no difirieron estadísticamente.

Al respecto del diagnóstico por inspección de lengua, Morales (2008) señala que es una herramienta diagnóstica práctica, poco invasiva, de bajo costo y accesible en poblaciones extensas de cerdos⁶. Este procedimiento se ha practicado en diversos estudios en México (Morales *et al.*, 2002; Martínez Maya *et al.*, 2003; Sarti *et al.*, 1988; Molinari *et al.*, 1993; Keilbach *et al.*, 1989),^{8,9,11,29,93} así como, en diferentes estudios epidemiológicos realizados en distintos países (González *et al.*, 1990; González, 2002; Taico *et al.*, 2003; Ayvar *et al.*, 2004; Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2003, 2007)^{94,12-14,18,19} y continentes (Ngowi, 2004; Pouedet *et al.*, 2002; Rajshekhar *et al.*, 2003; Dorny *et al.*, 2003; Zoli *et al.*, 2003; Wandra *et al.*, 2006; Boa *et al.*, 2006).^{5,20,22,96-99} El método requiere de personas entrenadas en esta práctica lo que favorece la obtención de resultados con alta especificidad (Sciutto *et al.*, 1998).⁴⁴ Se han reportado variaciones en la sensibilidad que oscilan entre el 40 y el 70% (Viljoen, 1937; Quiroz, 2002; Phiri, *et al.*, 2002).^{43,45,100} Es factible pensar que la variación depende de la cantidad de parásitos encontrados en el animal, considerando que la probabilidad de que un cerdo tenga cisticercos en la lengua

es menor cuanto menor es la cantidad de parásitos totales en el. (Morales 2008)⁶. Estas variaciones pueden ser atribuidas a la capacitación del personal y por las condiciones de la inspección (Ngowi *et al.*, 2004; Molinari *et al.*, 1997; Viljoen, 1973; Sciutto *et al.*, 1998;).^{5,7,43,44}

En las provincias del este y sur de Zambia, Phiri *et al.*, (2002) examinaron 1316 cerdos mediante inspección de lengua, de estos resultaron positivos 143, de ellos, en 116 se confirmó la positividad por inspección sanitaria de la canal, en tanto que 17 fueron negativos. De los animales negativos en la inspección en la lengua, 271 fueron encontrados positivos en la inspección *post mortem* y de ellos, 155 tenían metacéstodos predominantemente vesiculares.¹⁰⁰

Estos datos difieren con lo encontrado en comunidades andinas, donde informaron una sensibilidad de 70% y una especificidad 95% (González *et al.*, 1990, 1996).^{94,101}

Morales (2008) comparó el diagnóstico de inspección de lengua con la necropsia, y calculó la sensibilidad y especificad del diagnóstico en ella. En el grupo control, la sensibilidad de la inspección en lengua fue de 78% y la especificad de 93%; en tanto que, en el grupo inmunizado con la vacuna S3Pvac-fago se observó una menor sensibilidad de la prueba diagnóstica (66%), pero una especificidad similar (90%). La menor sensibilidad observada en el grupo vacunado puede ser consecuencia de la menor cantidad de parásitos en el grupo.⁶

Boa *et al.*, (2002) realizaron un estudio para determinar la densidad y distribución del metacéstodo de *Taenia solium* en grupos musculares, determinaron la proporción más alta en los miembros posteriores seguido de las extremidades anteriores.¹⁰²

Al respecto del diagnóstico serológico realizado en el presente estudio, se observó una alta sensibilidad y la especificidad fue similar a la descrita en otros estudios como lo reportado por Pouedet *et al.*, (2002).²⁰

Dorny *et al.*, (2003) hicieron una revisión acerca de las herramientas empleadas para el inmunodiagnóstico en cerdos y mencionaron los beneficios siguientes: I) el

diagnóstico permite realizar las pruebas en animales vivos; II) la toma de muestras de sangre seguidas de pruebas serológicas ofrece más sensibilidad que el examen clásico de lengua, y, III) las pruebas son relativamente baratas y fáciles de realizar independientemente del número de muestras de suero. No obstante lo anterior, dieron cuenta también de algunos problemas relacionados con diagnóstico serológico de los cerdos, que son : I) baja sensibilidad de las técnicas disponibles cuando el nivel de los quistes es bajo (Sciutto *et al.*, 1998), II) los anticuerpos, en el sentido de que se mide la exposición de antígenos en lugar de la infección real; III) la interpretación de los resultados de seropositivos en cerdos jóvenes se complica a causa de los anticuerpos maternos transferidos en el calostro por la cerda cuyos lechones persisten seropositivos hasta por 7 meses. Esto es un punto de consideración en aquellos estudios que examinan la prevalencia de la cisticercosis (González *et al.*, 1999); IV) el problema de los anticuerpos transitorios (respuesta ante una exposición al parásito sin que este se estableciera) en humanos, también es factor de consideración en el caso de los cerdos, y V) reacciones cruzadas con *C. tenuicollis* y echinococosis. (García *et al.*, 2001).^{95,44,103,104}

Pinto *et al.*, (2000), evaluaron cuatro antígenos de cisticercos de *Taenia solium* (Tso) y *Taenia crassiceps* (TCRA) mediante ELISA para el diagnóstico de cisticercosis porcina, los cuales tuvieron un buen desempeño, ya que presentaron una sensibilidad de 96,0% y 80,0%; y una especificidad de 97,5% y 100,0%. La reacción cruzada se verificó sólo para hidatidosis y ascaridiosis.¹⁰⁵

El Valor Predictivo Positivo (VPP) obtenido fue alrededor de 68% y hubo buena concordancia entre el diagnóstico de ELISA (0.72). Estos resultados pueden deberse a que la detección de anticuerpos indica exposición a la infección y no necesariamente a una infección activa, ya que los anticuerpos pueden persistir mucho tiempo después de que el parásito ha sido eliminado por el sistema inmune o por tratamiento (Harrison *et al.*, 1989; García *et al.*, 2001).^{53,104} En zonas endémicas, más de 10% de la población puede tener anticuerpos anti-*T. solium* y

no reflejar la verdadera prevalencia de la cisticercosis humana (García *et al.*, 2001).¹⁰⁴ Durante años, la mayoría de los ensayos para la detección de anticuerpos han utilizado antígeno extractos crudos o fluido vesicular del parásito (Larralde *et al.*, 1986),¹⁰⁶ pero estas pruebas pueden variar en sensibilidad y especificidad debido a reacción cruzada con otras parasitosis, como la hidatidosis. Rodríguez-Hidalgo *et al.* (2003) determinaron teniasis y cisticercosis, en el hombre y en animales. El estudio se realizó en la sierra norte del Ecuador, en la provincia de Pichincha y en Quito. Encontraron cuatro cerdos seronegativos a cisticercosis de 1032, pero se encontró quiste hidatídico, y un seropositivo de seis cerdos en los que se encontró el metacéstodo de *Taenia hydatigena*. Los autores de este estudio reflexionaron sobre la posibilidad de una reacción cruzada, dado que 10.66% de los cerdos fueron seropositivos.¹⁸

Mientras tanto, el diagnóstico por ultrasonido ha demostrado ser un procedimiento de utilidad de alta sensibilidad (95%) y especificidad (97.4%). Esta técnica presenta la ventaja, respecto a los dos procedimientos previamente descritos, de ser una técnica no invasiva, no requiere la sujeción tan traumática de los cerdos como la inspección de lengua, ni el sangrado de los mismos.

En el presente estudio, en la imagen ecográfica del metacéstodo de *T solium* en el músculo en forma vesicular, puede observarse una estructura redonda anecoica que corresponde a la parte líquida, en el interior el escólex se observa como una estructura hiperecoica. El tamaño de los cisticercos observados en el músculo de los cerdos, fue del rango 0.30 a 2.0 cm de diámetro

Para garantizar que la imagen de un supuesto cisticerco no haya sido confundido con un vaso sanguíneo, se utilizó la función *Doppler* color, como lo recomiendan Mani *et al.*, (2001).¹⁰⁷ (Figura 11)

Esta descripción concuerda con el diagnóstico ultrasonográfico de cisticercos en 4 pacientes humanos (Vijayaraghavan, 2004).⁷⁸ De igual modo, Jankharia *et al.*, (2005) señalan que el ultrasonido es útil en el diagnóstico de cisticercosis en el

tejido muscular humano, ya que permite observar un quiste claro con escólex y con ello establecer de forma confiable el diagnóstico.⁷⁹

Es por ello que los cisticercos vesiculares pueden reconocerse con facilidad, a pesar de que presentan forma distintas; sin embargo, aquellos que sufren un proceso de degeneración caseosa, son más complicados de reconocer, ya que pueden confundirse con grasa o tejido conjuntivo, en cambio los cisticercos calcificados son fáciles de reconocer, de acuerdo con la descripción citada por Mittal *et al.*, (2008), quienes trataron a un paciente con cisticercosis vesicular aplicando albendazol y a los 14 días postratamiento observaron una estructura quística calcificada con una sombra ecogénica posterior.¹⁰⁸

Si bien los resultados de la ultrasonografía son satisfactorios, cabe señalar que hay enfermedades que mediante ultrasonido también producen imágenes semejantes a los cisticercos caseosos o calcificados como son los tuberculomas, granulomas micóticos o gliomas. Para evitar falsos positivos es importante tener un amplio conocimiento acerca de las patologías musculares para no confundirse con otros padecimientos.

También cabe señalar que utilizando el ultrasonido, la cisticercosis puede pasar desapercibida, cuando es bajo el número de cisticercos y cuando están muy profundos y cuando las imágenes ultrasonográficas no son lo suficientemente claras. Además, la dimensión muscular y más la profundidad también puede influir en el diagnóstico, ya que por ejemplo, el biceps femoral del cerdo puede tener una longitud de 30cm por 20cm de ancho (Jones *et al.*, 2006),¹⁰⁹ de manera que utilizar un transductor multifrecuencia (6-13 MHz) producirá una penetración limitada. Lo anterior es debido que en ultrasonografía existe una interrelación constante entre resolución de imagen y profundidad de penetración. Los transductores de alta frecuencia, aunque ofrecen poca penetración, proveen una mejor resolución espacial; a diferencia de los transductores de baja frecuencia, que tienen mayor penetración y menor resolución (Loroit *et al.*, 1997; López *et al.*, 1998; Whittaker *et al.*, 1992).^{69, 72, 110} Por lo tanto, para revisar un área más amplia

como el miembro torácico y pelviano, hay que deslizar el transductor de la parte externa hacia la medial, tratando de cubrir el contorno del miembro.

Otra limitante del uso de la ultrasonografía, es que el diagnóstico depende de un operador con experiencia. Un buen estudio requiere aplicar la técnica adecuada, basada en un profundo conocimiento de la anatomía normal y de la patología en cuestión. Es posible detectar anomalía y cambio patológico cuando se conocen las estructuras anatómicas que se van a estudiar. Es necesario conocer también la sonoanatomía y saber distinguir los hallazgos patológicos presentes en una estructura. El principal riesgo cuando se emplea un ultrasonido para el diagnóstico, radica en emitir un diagnóstico equivocado debido a limitaciones técnicas o falta de conocimiento del operador para realizar el estudio (Rodríguez *et al.*, 2009).⁷⁰

La posición del transductor en la obtención de imágenes debe seguir las normas internacionales referidas a la posición del transductor. Así, cada estructura debe evaluarse en dos planos perpendiculares entre sí, en planos longitudinal y transversal (ortogonales) (Vargas *et al.*, 2008; Pineda *et al.*, 2009).^{68, 111}

Además, es recomendable realizar un estudio comparativo del área de estudio, con cisticercosis con la porción sana del área evaluada. Esto permite resaltar, comparar y discernir las estructuras sanas de otras con alteraciones principalmente en los linfonodos en el área cervical.

Otro factor importante para obtener resultados por medio del estudio ultrasonográfico, consiste en la presión aplicada al transductor, que debe ser discreta, ya que una presión excesiva oblitera, comprime y deforma los tejidos blandos, y estructuras vasculares. (Rodríguez *et al.*, 2009).⁷⁰

El trabajo en campo con el ultrasonógrafo tiene algunas limitantes, como son:

- a) Requerimiento de una fuente de energía regular. Aún cuando los equipos portátiles tienen su propia batería, la capacidad de energía es de dos horas de trabajo continuo.

- b) La pantalla de plasma dificulta observar con nitidez las estructuras, sobre todo cuando está el reflejo directo de la luz del sol, por lo cual es recomendable tener una malla que proporcione sombra.
- c) El uso del ultrasonido no sustituye el equipo humano de trabajo, ya que una sola persona no podría sujetar al animal y hacer a la vez el diagnóstico. Se requiere de una a dos personas para la sujeción de los animales, considerando la talla del mismo, para que el técnico pueda realizar el diagnóstico por ultrasonografía de forma rápida, segura y con un alto grado de confiabilidad. El costo del equipo de ultrasonografía es alto y poco costeable para un médico veterinario de campo o un rastro municipal.

Este procedimiento se ha usado para el diagnóstico de cisticercosis muscular en humanos; se han descrito tres tipos distintos de manifestaciones clínicas de la cisticercosis en su forma muscular: pseudotumor, abscesos y pseudohipertrofia (Vijayaraghavan, 2004), los cuales también pueden ser clínicamente confundidos con lipoma, neuroma, neurofibroma, sarcoma y linfadenitis tuberculosa⁷⁸. (Jankharia *et al.*, 2005) o alguna otra alteración de linfonodos.⁷⁹ En estos casos adicionalmente se realizaría una biopsia por aspiración con aguja fina (BAAF) (Veena *et al.*, 2005).¹¹² Si se utilizara la ultrasonografía como técnica de diagnóstico, en la cisticercosis (*T. solium*) es importante demostrar la presencia del escólex. (Asrani, *et al.*, 2004; Jankharia *et al.*, 2005, Mittal *et al.*, 2008, Singal, *et al.*, 2010, Vijayaraghavan, 2004).^{113, 79, 108, 88, 78}

En las regiones endémicas, Singal *et al.*, (2010) indican la importancia de contemplar siempre a la cisticercosis, como un diagnóstico diferencial en todos los tipos de inflamación subcutánea.⁸⁸

Adicionalmente, el ultrasonido ha demostrado ser un procedimiento de utilidad en el diagnóstico de hidatidosis. Distintos autores reportan que el ultrasonido presenta una alta sensibilidad y especificidad: 95% y 97.4% según; 93 y 98% Caremani *et al.*, (1993) respectivamente.⁷⁵ El valor predictivo positivo (VPP) y el

valor predictivo negativo (VPN) fueron similares con lo encontrado en un estudio de hidatidosis llevado a cabo en niños argentinos y cuyos valores fueron 88.8% de VPP y 100% de VPN, con una sensibilidad de 100% y especificidad de 95.6% (Del Carpio *et al.*, 2000). Caremani *et al.*, (1993), quienes obtuvieron 93-98% de sensibilidad y especificidad (88-90%) en el diagnóstico de hidatidosis en hígado causada por *Echinococcus granulosus* y *E. multilocularis*.^{114, 75}

La clasificación propuesta por el “*Informal Working Group, WHO (2003)*” para el diagnóstico de hidatidosis, determina criterios conforme la variabilidad del tamaño de los quistes en hígado, cuyos rangos son: <5.0 cm y >10 cm.⁷⁶

Los resultados del presente estudio nos permiten afirmar la utilidad del ultrasonido como herramienta de diagnóstico del metacéstodo de *T. solium*.

En el control de la teniasis-cisticercosis, el ultrasonido constituye una herramienta como parte de una campaña de control integral por parte de las autoridades de salud animal y sanitarias.

Al respecto de la evaluación de la ultrasonografía para el diagnóstico de cisticercosis por *Taenia saginata* en bovinos, se examinaron 44 bovinos en pie y 98 canales en 2 rastros municipales del estado de Guerrero y en un rastro de TIF en Mexicali, Baja California. En ninguno de los animales se detectó metacéstodo de *Taenia saginata* con el ultrasonido, resultados que fueron verificados por el exámen posmortem.

Aunque, no detectamos bovinos positivos, este estudio sirvió para determinar y estandarizar la forma de inspeccionar a los bovinos, *ante mortem así como post mortem*, por medio de la ultrasonografía. Se utilizaron otras áreas adicionales a los sitios tradicionales de la inspección sanitaria, que son: masetero, área cervical, miembro torácico, miembro pelviano, intercostales y lomo. Se observó que en la línea de matanza, existe mayor facilidad para realizar el diagnóstico con el ultrasonido en canales y se disminuye el tiempo de inspección, a diferencia de las

que se encontraban en los cuartos fríos con temperaturas de -2 a 7° C, ya que las bajas temperaturas dificultan el diagnóstico por la consistencia del tejido adiposo. Se determinó que los médicos y trabajadores del rastro municipal no tenían el conocimiento suficiente para realizar el diagnóstico del metacésto de *Taenia saginata*. Esto concuerda con Rodríguez-Hidalgo *et al.*, (2003) quienes confirmaron la presencia de cisticercosis bovina en Ecuador, siendo que se asumía como enfermedad ausente, debido a que no identifican el metacésto en la inspección.¹⁸

Sólo en un rastro municipal, el médico veterinario sanitarista a cargo, perteneciente al comité de fomento pecuario, conocía bien el diagnóstico de ésta y otras zoonosis.

En los rastros TIF los médicos veterinarios están aprobados para realizar la inspección en rastro, de allí que tuvieran más conocimiento con el tema.

En las imágenes ultrasonográficas de corazones positivos a la enfermedad, se encontraron metacéstos en forma vesicular en la superficie, otros en estadios degenerados. Algunos no se observaron macroscópicamente, tampoco fueron perceptibles a la palpación, la única manera de visualizarlos sería mediante cortes. Estas observaciones concuerdan con Scandrett, (2007, 2009) quien señala que el corazón es el tejido de elección para la inspección de rutina, con base en la frecuencia de la infección, el número de quistes presentes y una mayor visibilidad en el examen macroscópico. Sugiere que una inspección más exhaustiva del corazón, sería un método eficiente y eficaz para mejorar la detección de animales enfermos.^{3, 41}

Con relación a los resultados obtenidos en bovinos, es difícil hacer aseveraciones, ya que sólo se registró un becerro positivo que fue infectado experimentalmente.

Se le hicieron los primeros estudios con el ultrasonido a los 33 días post-infección (dpi), los que resultaron negativos. A los 54 dpi se hicieron nuevamente estudios y se observaron zonas anecóicas dudosas que no permitieron un diagnóstico seguro. A los 90 dpi se percibieron las formaciones francamente anecóicas con

una estructura blanquecina (hiperecólica) correspondiente al escólex, que autorizaron afirma que se trataba de metacéstodos.

A los 105 dpi el aspecto de los metacéstodos ya no fue tan claro como a los 90 dpi y a los 140 dpi no se distinguieron formaciones hipoecólicas, sino áreas hiperecólicas pequeñas y alargadas. Durante la necropsia a las 145 dpi se encontraron numerosas áreas pequeñas alargadas, de aspecto blanquecino y consistencia fibrosa, que al corte en ocasiones crepitaban sugiriendo ligera calcificación. El estudio histológico confirmó que estas zonas hiperecólicas corresponden a lesiones con centros necróticos con corpúsculos calcáreos rodeados por una franja de células inflamatorias que en su mayoría consisten de linfocitos y una población variable de macrófagos, células gigantes, lo que concuerda con Scandrett, (2007) que identificó en las etapas avanzadas de degeneración del parásito corpúsculos calcáreos que son microscópicas concreciones elipsoides de origen mineral.³

Viljoen, (1937) y Pawlowski, (1976) han informado de las diferencias entre los metacéstodos de *T. solium* y *T. saginata*, especialmente en cuanto a su permanencia en forma viable en el tejido muscular.^{43,115} En el presente estudio se confirma que el metacéstodo puede sufrir cambios degenerativos después de 90 dpi, hecho que en nuestra experiencia no se observa en cerdos. Pawlowski (1976) supone que se trata de diferencias individuales en el huésped animal o de los cisticercos.¹¹⁵

El mayor número de metacéstodos de *T. saginata* se encontró en el miembro torácico y pelviano, también se encontraron en los sitios tradicionales para la inspección (Rodríguez-Hidalgo *et al.*, 2003; Romero 1996; Scandrett *et al.*, 2009; Abuseir *et al.*, 2006, 2007; Kebede *et al.*, 2008 y Dorny *et al.*, 2007),^{18,39,41,116-119} que son: músculos maseteros, lengua, corazón, esófago y el diafragma, pero en menor grado, de acuerdo con Walther y Kosker (1980). En una zona endémica de *Taenia saginata*, 79 terneros con una edad de entre dos y doce meses, fueron sacrificados, a las canales se les inspeccionó como de rutina y después se laminaron. En la disección, 75.9% estuvieron infectados. Sin embargo, sólo 38.3%

fueron detectados en la inspección rutinaria de la carne. De estos, 21.7% tenían quistes en el músculo tríceps. Durante el corte, 34 de los 60 animales infectados (56.7%) fueron negativos en los sitios de predilección. (Walther y Kosker, 1980).⁴⁶

Romero (1996) en dos bovinos inoculados con 200,000 huevos de *T. saginata* cada uno, encontró la mayor cantidad de huevos en los músculos de la pierna y en intercostales (916); en el corazón y lengua solo en uno de los bovinos se detectaron metacéstodos.³⁹

En un estudio realizado con ganado Belga, Dorny *et al.*, (2000) encontraron a la inspección en las canales el 0.26% positivos y al diagnóstico con Ag-ELISA el 3.09% fueron positivos, lo que confirmó que la inspección visual en los sitios de predilección es poco sensible.¹²⁰

Minozzo, *et al.*, (2002) indicaron la localización anatómica de cisticercos en bovinos experimentalmente infectados con huevos de *Taenia saginata*. Encontraron que el 85.19% se localizan en el músculo esquelético y 14.81% en corazón, diafragma, riñón, hígado y lengua. Localizaron la mayor cantidad de metacéstodos en los músculos anteriores 46% y posteriores 35.33%, en la cabeza se contabilizó el 3.85%. Cree que en los tejidos normalmente inspeccionados por los servicios sanitarios, la probabilidad de detección es sólo de 14.1%. El 85.9% de cisticercos no fueron encontrados con la técnica de rutina durante la inspección sanitaria, por lo tanto afirma que:

- a) En bovinos experimentalmente infectados los metacéstodos se distribuyeron en todos los músculos sin encontrar una localización preferencial.
- b) Los bovinos adultos son más resistentes a la infección y se encontraron más cisticercos calcificados
- c) La inspección de rutina no comprueba siempre la presencia del metacéstodo de *T. saginata*.¹²¹

De Souza, *et al.*, (2007) describen las regiones anatómicas de mayor ocurrencia del metacéstodo de *T. saginata* en bovinos, luego de una revisión en matadero-frigorífico del municipio de San José (Paraná, Brasil). De 26,633 bovinos

inspeccionados durante el año 2000; 1,020 animales fueron detectados como positivos en la inspección *post mortem*; 628 (55.77%) presentaron cisticercos en los músculos de la cabeza y 431 (39.65%) en músculo cardiaco y la viabilidad de los metacéstodos fue del 33.02%. El autor describe que los cisticercos viables se ubican sobre todo en los maseteros y pterigoides. De los animales positivos, en el 94% se encontró un único quiste (monocisticercosicos) y el 6% eran portadores de varios quistes (pluricisticercosicos).¹²²

Por lo general, la técnica de inspección de rutina no se considera que tenga buena sensibilidad en infecciones con *T. saginata* (Dorny *et al.*, 2000; Cabaret *et al* 2002; Minozzo *et al.*, 2004).^{120, 123, 124} Los problemas inherentes a la inspección o a la cantidad de animales positivos, dependerán de la habilidad del inspector y de la cantidad de cisticercos presentes en la canal. La posible explicación de la falla en relación con la detección de las canales positivas, por el inspector oficial de la carne, se debe a una inspección superficial, ya que sólo se practica una incisión. También es limitada la conclusión por no realizar cortes en los sitios de predilección del metacéstodo. (Minozzo *et al.*, 2004).¹²⁴ Por el hecho de que los metacéstodos viables son translúcidos y a menudo de color rosado, pueden ser menos visibles en músculo, que los quistes muertos que por lo general son lesiones blancas y fibrosas (Onyango-Abuje *et al.*, 1996).¹²⁵

Scandrett, (2007) menciona que la incisión de los dos músculos tríceps braquial, no permite detectar la mayoría de los animales infectados. En animales que fueron inoculados con 5.000 y 10.000 huevos, resultó inesperado el número relativamente bajo de quistes recuperados en los sitios tradicionales de inspección y en algunos animales no se detectó infección por la inspección de rutina.³

En el presente estudio, en los bovinos examinados en rastros, no se les realizaron pruebas de ELISA. Solo en el becerro infectado experimentalmente la ELISA dio resultados positivos a partir del día 32 *post infección*, teniendo el pico máximo para el antígeno HP10 en el día 56 *post infección*. Lo anterior concuerda con Ferrer *et al.*,(2003) quienes detectaron anticuerpos por ELISA entre la tercera y

cuarta semana *post infección*,⁶⁰ mientras que Onyango-Abuje *et al.*, (1996) entre la cuarta y séptima semana, y en la semana 60 *post infección* todavía había presencia de metacéstodos.¹²⁵

Con respecto a la longevidad o viabilidad de los metacéstodos en el becerro infectado al día 140 *post infección*, los metacéstodos ya estaban degenerados, no se detectaron vesiculares, lo cual difiere con Onyango-Abuje *et al.*, (1996) quienes a la semana 60 encontraron la mayoría de los cisticercos viables, no obtuvieron una correlación positiva entre la Ac-ELISA y la presencia de cisticercos viables, pero si entre Ag-ELISA obteniendo una correlación de $R=0.786$.¹²⁵ Mientras que Denwrist *et al.*, (1963) expusieron a bovinos a un único inóculo con huevos de *Taenia saginata*, encontraron en algunos animales que los macestodos. permanecen viables durante al menos 639 días.¹²⁶

Con base en lo anterior, se propone a la ultrasonografía como una herramienta factible para el diagnóstico del metacéstodo de *Taenia saginata*. No obstante, es indispensable realizar más estudios con animales positivos.

El costo de la cisticercosis humana es muy elevado si consideramos las pérdidas ocasionadas por el alto costo del tratamiento y la hospitalización de los pacientes. Con relación a la producción animal de traspatio, si el animal es positivo, se anula la compra-venta o se modifica, el precio es la mitad del valor de un cerdo sano. (González *et al.*, 1996).¹⁰¹

Este estudio bien justifica el gasto invertido en equipos de ultrasonografía para ser utilizado en Unidades Móviles de Diagnóstico Especializadas, para emprender campañas de control bien dirigidas, de resultados palpables y evaluables tanto en cerdos como en bovinos contra la cisticercosis.

Conclusiones

El estudio presentado confirma que la ultrasonografía es un método de alta sensibilidad (95%) y especificidad (97.4%) para el diagnóstico de la cisticercosis porcina y una herramienta eficiente para contribuir al control de estas zoonosis via campañas dirigidas, siendo una técnica inocua, rápida, sencilla, accesible.

Sin embargo, es confiable con limitaciones por lo tanto, es necesario tomar en consideración los siguientes puntos:

- a) Es importante la capacitación del personal, que debe contar con conocimientos básicos de anatomía, sonoanatomía y conocimientos sólidos de ultrasonografía.
- b) Se debe determinar la probabilidad de error en el diagnóstico cuando los cisticercos sean caseosos, calcificados o cuando la cantidad de cisticercos sean escasos.
- c) Se deben realizar análisis de beneficio costo del ultrasonógrafo.
- d) Utilizado para el diagnóstico y control en campañas oficiales.

La expansión del uso del ultrasonido, las técnicas de diagnóstico y la portabilidad del equipo, facilitará los estudios en comunidades remotas en áreas endémicas, el uso de estas técnicas posibilitará la determinación de prevalencias de esta zoonosis y así proyectar estrategias para su control y erradicación. Unidades móviles especializadas.

Referencias

1. Aluja AS de, Villalobos MAN. Cisticercosis por *Taenia solium* en cerdos de México. *Vet. Méx.* 2000; 3:239-244.
2. Del Brutto O, García E, Talamás O. Sex-related severity of inflammation in parenchymal brain cysticercosis, *Arch. Intern. Med.* 1998; 148: 544-546.
3. Scandrett B. Improved Postmortem Diagnosis of *Taenia saginata* Cysticercosis. Degree of Masters of Science. University of Saskatchewan. Saskatoon 2007.
4. Phiri IK, Ngowi H, Afonso S, Matenga E, Boa M, Mukaratiriwa S, Githigia S, Saimo M, Sikasunge Ch, Maingi N, Lubenga WG, Kassuku A, Michel L, Siziya S, Krecek CR, Noormahomed E, Vilhena M, Dorny P, Willingham III AL. The emergence of *Taenia solium* cysticercosis in Eastern and Southern Africa as a serious agricultural problem and public health risk. *Acta Trópica* 2003, 87: 13-23.
5. Ngowi HA, Kassuku AA, Maeda GE, Boa ME, Carabin H, Willingham III AL. Risk factors for the prevalence of porcine cysticercosis in Mbulu District, Tanzania. *Veterinary Parasitology.* 2004; 120: 275-283.
6. Morales S. Evaluación de la eficiencia de la vacuna expresada en fagos contra la cisticercosis porcina: Factores de exposición y del hospedero en la protección. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2008.
7. Molinari JL, Rodríguez D, Tato P, Soto R, Arechavaleta F, Solano S. Field trial for reducing porcine *Taenia solium* cysticercosis in México by systematic vaccination of pigs *Veterinary Parasitology.* 1997; 69: 55-63.
8. Morales J, Velasco T, Tovar V, Fragoso G, Fleury A, Beltrán C, Villalobos N, Aluja AS de, Rodarte LF, Sciutto E, Larralde C. Castration and pregnancy of rural pigs significantly increase the prevalence of naturally acquired *Taenia solium* cysticercosis. *Veterinary Parasitology.* 2002; 108: 41-48.
9. Martínez-Maya JJ, Aluja A, Ávila-Ramírez G, Aguilar-Vega L, Plancarte Crespo A, Jaramillo-Arango C, Teniosis y detección de Anticuerpos anticisticercosis en personas de una comunidad rural del Estado de Guerrero. *Salud Pública de México.* 2003; 45: 84-89.

10. Rodriguez-Canul R, Allan JC, Dominguez JL, Villegas S, Cob L, Rodriguez RI, Cook AJ, Williams J, Arguez F, Craig PS. Application of an immunoassay to determine risk factors associated with porcine cysticercosis in rural areas of Yucatan, Mexico. *Veterinary Parasitology*. 1998; 79:165-180.
11. Sarti-Gutierrez EJ, Schantz PM, Lara-Aguilera R, Gómez DH, Flisser A. *Taenia solium* taeniasis and cysticercosis in a Mexican village. *Tropical Medicine and Parasitology*. 1988; 39:194-198.
12. González L, Montero E, Puente S, López-Velez R, Hernández M, Sciutto E, Harrison L, Parkhouse M, Gárate T. PCR tools for differential diagnosis of *Taenia saginata* and *Taenia solium* from different geographical locations. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2002; 42: 243-249
13. Taico F, López T, González A, García H, Gilman R. Epidemiología de la cisticercosis porcina en tres caseríos de la provincia de Zarumilla, Tumbes. *Rev Inv. Perú*. 2003; 14: 166-173.
14. Ayvar VP, González ZA, Falcón NP, Bernal RT. y Mena AC. Seroprevalencia de la cisticercosis porcina en tres Caseríos de la provincia de Andahuaylas, Apurímac. *Rev Inv Vet Perú*. 2004; 15: 56-62.
15. García H, González A, Del Bruto O, Tsang CW, Llanos-Zavalaga F, Gonzalez G, Romero J, Gilman R. Strategies for the elimination of taeniasis/cysticercosis. *Journal of the Neurological Sciences* 2007; 262: 153-157
16. Allan JC, Velazquez-Tohom M, Fletes C, Torres-Alvarez R, López-Virula G, Yurrita P, Soto H, de Alfaro, Rivera A, and García-Noval J. Mass chemotherapy for intestinal *Taenia solium* infection: effect on prevalence in humans and pigs. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 1997; 91: 595-598.
17. Sakai H, Sone M, Castro DM, Nonaka N, Qua D, Canales M, Ljungstrom I, Sánchez A. Seroprevalence of *Taenia solium* cysticercosis in pigs in a rural community of Honduras. *Veterinary Parasitology*. 1989; 78: 233-
18. Rodríguez-Hidalgo R, Benítez- Ortiz W, Dorny P. Geerts S, Geysen D, Ron-Román J, Proaño-Pérez F, Chávez-Larrea MA, Barrionuevo-Samaniego M, Celi-Erao M, Vizcaíno-Ordoñez L, Brandt J. Taeniosis-cysticercosis in man and animals in the Sierra of Northern Ecuador. *Veterinary Parasitology*. 2003; 118: 51-60.

19. Rodríguez-Hidalgo R, Benitez-Ortiz. La cisticercosis porcina en América Latina y en el Ecuador (Porcine Cysticercosis in Latin America and Ecuador). REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 1695-7504, 2007; 8: 1-9. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111107/110701.pdf>
20. Pouedet M, Zoli A, Nguekam, Vondou L, Assana E, Speybroeck N, Berkvens D, Dorny P, Brandt J, Geerts S. Epidemiological survey of swine cysticercosis in two rural communities of West-Cameroon. *Veterinary Parasitology* 2002;106: 45-54.
21. Ngowi HA, Carabin H, Kassuku AA, Mlozi MR, Mlangwa JE, Willingham III AL. A health-education intervention trial to reduce porcine cysticercosis in Mbulu District, Tanzania. *Preventive Veterinary Medicine*. 2008; 85: 52-67.
22. Rajshekhar V, Joshi DD, Doanh NQ, van De N, Xiaonong Z. *Taenia solium* taeniosis/cysticercosis in Asia: epidemiology impact and issues. *Acta Trópica*. 2003; 87: 53-60.
23. Larralde, Carlos y Aline S. de Aluja. Cisticercosis. Guía para profesionales de la salud/coordinación de Carlos Larralde, Aline S. de Aluja. México: Fondo de Cultura Económica, Secretaria de Salud, Instituto Nacional de Salud Publica, Fundación Mexicana para la Salud, 2006 primera edición.
24. Sciutto E, Fragoso G, Fleury A, Laclette J, Sotelo J. Aluja AS de, Vargas L, Larralde C. *Taenia solium* disease in humans and pigs: an ancient parasitosis disease rooted in developing countries and emerging as a major health problem of global dimensions. *Microbes and infection*, 2000; 2: 1875-1890.
25. Suroso T, Margono S, Wandra T, Ito A. Challenges for control of taeniasis/cysticercosis in Indonesia. *Parasitology International*. 2006; 55: S161-S165.
26. Eddi C, de Balogh K, Lubroth J, Amanfu W, Speed A, Battaglia D, Domenech J. Veterinary public health activities at FAO: Cysticercosis and echinococcosis. *Parasitology International*. 2006; 55: S305-S308.
27. Flisser A, Rodríguez-Canul R. Willingham III AL. Control of the taeniosis/cysticercosis complex: Future developments. *Veterinary Parasitology*. 2006; 139: 283-292.
28. Molinari JL, Meza R, Suárez B, Palacios S, Tato P, Retana A. "Taenia solium: immunity in hogs to the Cysticercus", *Experimental Parasitology*. 1983; 55: 340-357.

29. Molinari JL, Soto R, Tato P, Rodriguez D, Retana A, Sepulveda J, Palet A. Immunization against Porcine Cysticercosis in an Endemic Area in México: a Field and Laboratory Study. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 1993; 49: 502-512.
30. Flisser A, Gauci GC, Zoli A, Martinez-Ocaña J, Garza-Rodríguez A, Dominguez-Alpizar JL, Maravilla P, Rodriguez-Canul R, Avila G, Aguilar-Vega L, Kyngdon C, Geerts S, Lightowers MW. Induction of Protection against Porcine Cysticercosis by Vaccination with Recombinant Oncosphere Antigens. *Infect Immun*. 2004, 72(9): 5292-5297.
31. Toledo A, Larralde C, Fragoso G, Gevorkian G, Manoutcharian K, Hernández M, Acero G, Rosas G, López-Casillas F, Kubli C, Vázquez R, Terrazas I, Sciutto E, Towards a *Taenia solium* Cysticercosis Vaccine: an Epitope Shared by *Taenia Crassiceps* and *Taenia solium* Protects Mice against Experimental Cysticercosis 1999.
32. Huerta M, Aluja AS de, Fragoso G, Toledo A, Villalobos N, Hernández M, Gevorkian G, Acero G, Díaz A, Alvarez I, Avila R, Beltán C, García G, Martínez JJ, Larralde C, Sciutto E. Synthetic peptide vaccine againsts *Taenia solium* pig cysticercosis: successful vaccination in a controlled field trial in rural Mexico. *Vaccine*. 2001; 2793:1-5.
33. Sciutto E, Rosas G, Hernández M, Morales J, Cruz-Revilla C, Toledo A, Manoutcharian K, Gevorkian G, Blancas A, Acero G, Hernández B, Cervantes J, Bobes R, Goldbaum A, Huerta M, Díaz-Orea A, Fleury A, Aluja AS de, Cabrera-Ponce JL, Herrera-Estrella L, Fragoso G, Larralde C. Improvement of the synthetic tripeptide vaccine (S3Pvac) against porcine *Taenia solium* cysticercosis in search of a more effective, inexpensive and manageable vaccine. *Vaccine*. 2007; 25:1368-1378.
34. Santamaría E, Plancarte A. Aluja AS de. The experimental infection of pigs with different numbers of *Taenia solium* eggs: Immune response and efficiency of establishment. *J. Parasitol*. 2002; 88; 69-73.
35. Salas G, Aluja AS de, Constantino C. Early Stages of Development of the *Taenia Solium* Metacestode in Pigs. *J. Parasitol*. 2007; 93: 238-241.
36. McIntosh A, Miller D. Bovine cysticercosis, with special reference to the early developmental stages of *Taenia saginata*. *American Journal of Veterinary Research*. 1960; 21: 169-180.
37. Soulsby E.J.L. Immunological unresponsiveness to helminth infections in animal. In: Proceedings of the 17th. International Veterinary Congress (Hannover, 14-21 August 1963) World Vet. Association, 1963; 1:761-767.

38. Van de Heever LW. On the Longevity of cysticercus bovis in various Organs in a Bovine. *The Journal of Parasitology*. 1967, 53: 6: 1168.
39. Romero CE. Localización, viabilidad del metacéstodo de *Taenia saginata* y su Desarrollo en Animales de Laboratorio. Tesis de Doctorado. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 1996. 238.
40. Voge M. Observations on the structure of cysticerci of *Taenia solium* and *Taenia saginata* (Cestoda: Taeniidae). *J Parasitol* 1963; 49:85-90.
41. Scandrett B, Parker S, Forbes L, Gajadhar A, Dekumyoy P, Waikagul J, Haines D. Distribution of *Taenia saginata* cysticerci in tissues of experimentally infected cattle. *Veterinary Parasitology*. 2009; 164; 223-231.
42. Aluja AS de, Herrera G. Méndez A y Sciutto C. Diagnóstico por ultrasonografía de la cisticercosis porcina y bovina y comparación de las imágenes con características macro y microscópicas de los cisticercos. Memorias del XVI Congreso de Patología Veterinaria; 2007, 30 de mayo a 01 de junio Mazatlán, Sinaloa: Sociedad Mexicana de Patólogos Veterinarios, AC, 2007; 202-206.
43. Viljoen NF. Cysticercosis in swine and bovines with special reference to South African conditions. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*. 1937; 9: 337-570.
44. Sciutto E, Martínez JJ, Villalobos NM, Hernández M, José MV, Beltrán C, Rodarte F, Flores I, Bobadilla JR, Fragoso G, Parkhouse ME, Harrison LJ. Aluja AS de. Limitations of current diagnostic procedures for the diagnosis of *Taenia solium* cysticercosis in rural pigs. *Veterinary Parasitology*. 1998; 79: 299-313.
45. Quiroz RH. Cestodosis larvarias: Cisticercosis, cenurosis y equinocosis. En: *Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos*. Grupo Noriega Editores, Editorial Limusa. 2002; 335-363.
46. Walther M, Koske JK. *Taenia saginata* cysticercosis: A comparison of routine meat inspections and carcass dissection results in calves. *Vet. Rec.* 1980; 106: 401-402.
47. Norma Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos.
48. Norma Oficial Mexicana NOM-009-Z00-1994. Proceso sanitario de la carne.

49. Diario Oficial de la Unión Europea, Reglamento (CE) N° 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:139:0206:0320:ES:PDF>
50. Diario Oficial de la Unión Europea, REGLAMENTO (CE) N° 1244/2007 DE LA COMISIÓN de 24 de octubre de 2007 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 2074/2005 en lo que respecta a las medidas de aplicación para determinados productos de origen animal destinados al consumo humano y se establecen normas específicas para los controles oficiales de inspección de la carne. 25.10.2007.
http://www.aesa.msc.es/CRLMB/docs/docs/legislacion_comunitaria/reglamento_1244_2007_CE.pdf
51. Vargas MG, Saldierna U, Navarro FR, Acevedo HA, Flisser A, Aluja AS de. Localización del cisticerco de la *Taenia solium* en diferentes regiones musculares del cerdo y su importancia para la inspección sanitaria. *Vet Méx.* 1986; 17: 275-280.
52. Del Brutto O, Wadia H, Dumas M, Cruz M, Tsang CW, Schantz P. Proposal of diagnostic criteria for human cysticercosis and neurocysticercosis. Review article. *Journal of the Neurological Sciences.* 1996; 142: 1-6.
53. Harrison LS, Joshua GW, Wright SH, Parkehouse RM. Specific detection of circulating surface/secreted glycoproteins of viable cysticerci in *Taenia saginata* cysticercosis. *Parasite Immunology.* 1989, 11: 351-370.
54. Wang CY, Zhang HH, Ge LY. A Mab-based ELISA for detecting circulating antigen in CSF of patients with neurocysticercosis. *Hybridoma.* 1992;11: 825-827.
55. Erhart A, Dorny P, Van de N, Vien HV, Thach DC, Toan ND, Cong LD, Geerts S, Speybroeck N, Berkvens D, Brandt J. *Taenia solium* cysticercosis in a village in northern Viet Nam: seroprevalence study using an ELISA for detecting circulating antigen. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 2002: 96: 270-272.
56. Correa D, Sandoval MA, Harrison LJ, Parkhouse RM, Plancarte A, Meza-Lucas A, Flisser A. Human neurocysticercosis: comparison of enzyme immunoassay capture techniques based on monoclonal and polyclonal antibodies for the detection of parasite products in cerebrospinal fluid. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 1989;83: 814-816.

57. García HH, Harrison L, Parkhouse R, Montenegro T, Martínez SM., Tsang VC, Gilman RH. A specific antigen-detection ELISA for the diagnosis of human neurocysticercosis. The cysticercosis working group in Peru. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 1998; 92: 411-414.
58. Garcia HH, Gonzalez AE, Gilman RH, Bernal T, Rodriguez S, Pretell EJ, Azcurra O, Parkhouse RME, Tsang VCW, Harrison LJ and The Cysticercosis Working Group in Peru. Circulating parasite antigen in patients with hydrocephalus secondary to neurocysticercosis. *Am J Trop Med Hyg.* 2002; 66: 427-30.
59. Ferrer E, Cortéz MM., Pérez H., De La Rosa M., De Noya A B., Dávila I. Serological evidence for recent exposure to *Taenia solium* in Venezuelan Amerindians. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2002; 66: 170-174.
60. Ferrer E, Benitez L, Foster-Cuevas M, Bryce D, Wamae LW, Onyango-Abuje JA, Garate T, Harrison L, Parkhouse M. *Taenia saginata* derived synthetic peptides with potential for the diagnosis of bovine cysticercosis. *Veterinary Parasitology.* 2003; 111: 83-94.
61. Fleury A, Hernandez M, Ávila M, Cardenas G, Bobes RJ, Huerta M, Fragoso G, Uribe Campero L, Harrison LJ, Parkhouse RM. Detection of HP10 antigen in serum for diagnosis and follow-up of subarachnoidal and intraventricular human neurocysticercosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2007; 78:970-974.
62. Tsang V, Pilcher J, Zhou W, Boyer A, Kamango-Sollo E, Rhoads M, Darwin K, Schantz P, Gilman R. Efficacy of the immunoblot assay for cysticercosis in pigs and modulated expression of distinct IgM/IgG activities to *Taenia solium* antigens in experimental infections. *Veterinary Immunology and Immunopathology.* 1991; 29: 68-78.
63. Sarti E, Flisser A, Schantz P, Gleizer M, Loya M, Plancarte A, Avila G, Allan J, Craig P, Bronfman M, Wijeyaratne, P. Desarrollo y Evaluación de un programa Educativo contra la teniosis en una comunidad rural de México. *Rev. Fac. Med. UNAM.* 1998; 41: 145- 149.
64. Sciutto E, Hernández M, García G, Aluja AS de, Villalobos AN, Rodarte LF, Parkhouse M, Harrison L. Diagnosis of porcine cysticercosis: a comparative study of serological tests for detection of circulating antibody and viable parasites. *Veterinary Parasitology.* 1998; 78: 185-194.
65. Harrison LS, Delgado J, Parkhouse R. Differential diagnosis of *Taenia and Taenia solium* with DNA probes. *Parasitology* 1990, 100: 459-461.

66. Kerche D, Aoki M, Garcia J, Nunes C. *Taenia solium* and *Taenia saginata*: Identification of sequence characterized amplified region (SCAR) markers *Experimental Parasitology*. 2007; 117: 9-12
67. García H. Del Bruto O. Imaging findings in neurocysticercosis. *Acta Trop*. 2003; 87: 71-78
68. Vargas A, Amescua-Guerra LM, Bernal MA, Pineda C. Principios físicos básicos del ultrasonido, sonoanatomía del sistema musculoesquelético y artefactos ecográficos. *Acta Ortopédica Mexicana*. 2008; 22: 361-373.
69. Loroit N, Martinot S. Franck M. Ecografía Abdominal del perro y el gato. Ed. Masson, Barcelona España 1997.
70. Rodríguez HP, Bernal GA, Espinosa MP, Hernández DC, Marín AN, Peña AA, Solano AC, Pineda VC. Sonoanatomía del Sistema Musculosquelético. *Rev. Chil. Reumatol*. 2009; 25: 68-75.
71. Cross HR, Whittaker AD. The role of instrument grading in a beef value-based marketing system. *J Anim Sci*. 1992; 70:984-989.
72. López PM, Rubio LM. Tecnologías para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. *Vet.Mex*. 1998; 3: 279-289
73. Macpherson CNL, Milner R. Performance Characteristics and quality control of community based ultrasound surveys for cystic and alveolar echinococcosis. *Acta Tropica*. 2003; 85: 203-209.
74. Gharbi H, Hassine W, Brauner M, Dupuch K. Ultrasound examination of the hydatid liver. *Radiology May 1981 139:459-463*.
75. Caremani M, Benci A, Maestrini R, Accorsi A, Caremani D, and Lapini L. Ultrasound Imaging in cystic echinococcosis. Proposal of new sonographic classification. *Acta Trópica*. 1997 67: 91-105.
76. Informal Working Group (WHO) International classification of ultrasound images in cystic Echinococosis for application in clinical and field epidemiological settings. *Acta tropica*. 2003; 85: 253-261.
77. Rodríguez PG, Situación epidemiológica de la equinocosis en perros y de la Hidatidosis en cerdos y borregos de una comunidad rural del Estado de Zacatecas. Tesis de Maestría. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 2008.

78. Vijayaraghavan BS. Sonographic Appearances in Cysticercosis. *J Ultrasound Med.* 2004; 23: 423-427.
79. Jankharia BG, Chavhan GB, Krishnan P, and Jankharia B. MRI and ultrasound in solitary muscular and soft tissue cisticercosis. *Skeletal Radiology* 2005; 34: 722-726.
80. Singal R, Mittal A, Gupta S, Gupta R, Sahu P, Gupta A. Intramuscular cysticercosis diagnosed on ultrasonography in thigh: A rare case report. *North American Journal of Medical Sciences.* 2010; 2: 162-164.
81. Herrera-García S, Aline SA de, Méndez AR. El uso de la ultrasonografía para el diagnostico de la cisticercosis porcina. *Vet. Méx.* 2007, 38: 125-133.
82. Fleury A, Hernández M, Fragoso G, Parkhouse RM, Harrison LJ, Sciutto E. Detection of secreted cysticercal antigen: a useful tool in the diagnosis of inflammatory neurocisticercosis. *Trans. R. Soc. Trop Med. Hyg.* 2003; 97: 542-546.
83. Vargas MG. Distribución de *Cysticercus Cellulosae* en diferentes regiones musculares del cerdo y su importancia para la inspección sanitaria. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, DF. 1984.
84. Aluja AS de, Constantino CF. Técnicas de necropsia en animales domésticos. Manual Moderno. 2002; 2ª edición.
85. Aluja AS de, Vargas G. The Histopathology of Porcine Cisticercosis. *Vet Parasitol.* 1988; 28: 65-67.
86. Wang IC, Ma YX, Kuo CH, Fan PC. A comparative study on egg hatching methods and oncosphere viability determination for *Taenia solium* eggs. *International Journal for Parasitology.* 1997; 27: 1311-1314.
87. Santamaría E. Respuesta Inmune humoral en cerdos infectados experimentalmente con diferentes cantidades de huevos de *Taenia solium*. Tesis de Maestría. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 1999.
88. Ávila GM, Evaluación de la capacidad predictiva de inmuno ensayos (ELISA) para el Diagnostico de la Neurocisticercosis. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina y Veterinaria y Zootecnia. UNAM. DF. 2005.
89. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995. "Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres.

90. Epi Info™ Versión 3.5.1 August 13,2008.
91. Epi Info 6 versión 6.04, January 2001
92. Greenberg, Raymond S., Daniels, Stephen R., Flanders, W. Dana, Eley, John William, Epidemiología médica, Ed. Manual Moderno, 4º Edición, México.
93. Keilbach NM, Aluja AS de, Sarti E. A programme to control teniosis and cyticerrosis (*Taenia solium*) experiences in a Mexican village. *Acta Leiden*. 1989; 57: 181-189.
94. González, AE, Cama V, Gilman RH, Tsang VCW, Pilcher JB, Chavera A, *et al*. Prevalence and comparison of serologic assays, necropsy and tongue examination for the diagnosis of porcine cysticercosis in Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 1990;43: 194-199.
95. Dorny P, Brandt J, Zoli A, Geerts S. Immunodiagnostic tools for human and porcine cisticercosis. *Acta Tropica*. 2003; 87: 79-86.
96. Zoli A, Shey-Njila O, Assana E, Nguekam JP, Dorny P, Brandt J, Geerts S. Regional status, epidemiology and impact of *Taenia solium* cysticercosis in Western and Central Africa. *Acta Trópica*. 2003; 87: 35-42.
97. Wandra T, Depay AA, Sutisna P, Margono SS, Suroso T, Okamoto M, Craig PS, Ito A. Taeniasis and cysticercos in Bali and North Sumatra, Indonesia. *Parasitology International*. 2006; 55: S155-S160.
98. Wandra T, Sutisna P, Dharmawan NS, Margono SS, Sudewi R, Suroso T, Craig, PS, Ito A. High prevalence of *Taenia saginata* taeniasis and status of *Taenia solium* cysticercosis in bali, Indonesia, 2002- 2004. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2006; 100: 346-353.
99. Boa ME, Mahundi EA, Kassuku AA, Willingham III AL, Kyvsgaard NC. Epidemiological survey of swine cysticercosis using ante-mortem and *post-mortem* examination test in the southern highlands of Tanzania. *Veterinary Parasitology*. 2006; 139: 249-255.
100. Phiri IK, Dorny P, Gabriel S, Willingham III AL, Speybroeck N, Vercruysse J. The prevalence of porcine cysticercosis in Eastern and Southern provinces of Zambia. *Veterinary Parasitology*. 2002; 108: 31-39.
101. González AE, García HH, Gilman RH, Verástegui M, Gavidia C, Falcón N, Bernal T, Talavera V, López MT. Epidemiology of swine cysticercosis in peruvian central higland communities. *Parasitologia*. 1996; 38: 291.

102. Boa ME, Kassuku AA, Willingham III AL, Keyyu JD, Phiri IK, Nansen P. Distribution and density of cysticerci of *Taenia solium* by muscle groups and organs in naturally infected local finished pigs in Tanzania. *Veterinary Parasitology*. 2002; 106: 155-164.
103. González AE, Verástegui M, Noh JC, Gavidia C, Falcón N, Bernal T, García HH, Tsang VC, Gilman RH, Wilkins P. The Cysticercosis Working Group in Peru. Persistence of passively transferred antibodies in porcine *Taenia solium* cysticercosis. *Vet. Parasitol.* 1999; 86: 113-118.
104. García HH, González AE, Gilman RH, Palacios LG, Jimenez I, Rodríguez S. Short report: transient antibody response in *Taenia solium* infection in field conditions-a major contributor to high seroprevalence. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2001; 65: 31-32.
105. Pinto P, Vaz AJ, Germano PM, Nakamura PM. Performance of the ELISA test for swine cysticercosis using antigens of *Taenia solium* and *Taenia crassiceps* cysticerci. *Veterinary Parasitology*. 2000; 88: 127-130.
106. Larralde C, Lacleste J, Owen C, Madrazo I, Sandoval M, Bojalil R, Sciutto E, Contreras L, Arzate J, Diaz M, Govezensky T, Montoya M, Goodsaid F. Reliable serology of *Taenia solium* cysticercosis with antigens from cyst vesicular fluid: ELISA and hemagglutination tests. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1986; 35: 965-973
107. Mani S, Kalra N, Jain M, Sidhu R. Sonographic Diagnosis of a Solitary Intramuscular Cysticercal Cyst. *Journal of Clinical Ultrasound* 2001, 29: 472-475.
108. Mittal A, Das D, Iyer N, Nagaraj J, Gupa M. Masseter cysticercosis - a rare case diagnosed on ultrasound. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2008; 37: 113-116.
109. Jones S., Guru A., Singh V., and Jones, T. *Porcine Myology*. 2006.: <http://porcine.unl.edu>.
110. Whittaker AD, Park B, Thane BR, Miller RK, Savell JW. Principles of Ultrasound and Measurement of Intramuscular Fat. *J.Anim. Sci.* 1992 70:942-952.
111. Pineda VC, Bernal GA, Espinosa MR, Hernández DC, Marín AN, Peña A, Rodríguez HP, Solano AC, Principios Físicos Básicos del Ultrasonido. *Rev. Chil. Reumatol.* 2009; 25: 60-66.

112. Veena K, Rachna S, Devender M. Extraneural Cysticercosis- Presenting as Painless Cervical Swellings. *Journal of Tropical Pediatrics Advance Access*. 2005; 1-3.
113. Asrani A and Morani A. Primary Sonographic Diagnosis of Disseminated Muscular Cysticercosis. *J Ultrasound Med* 2004; 23:1245-1248
114. Del Carpio M, Moguilansky S, Costa M, Panomarenko H, Bianchi G, Bendersky S, Lazcano M., Frider B, Larrieu E. Diagnosis of human hidatidosis. Predictive value of a rural ultrasonographic survey in an Apparently healthy population. *MEDICINA (Buenos Aires)* 2000; 60: 466-468.
115. Pawlowski Z, Schultz MC. Taeniasis and cysticercosis (*Taenia saginata*) *Vet Parasitol*. 1976; 3: 269-343.
116. Abuseir S, Epe C, Schnieder T, Klein G and Kühne. Visual diagnosis of *Taenia saginata* cysticercosis during meat inspection: is it unequivocal? *Parasitology Research*. 2006; 99: 405-409.
117. Abuseir S, Kühne M, Schnieder T, Klein G and Epe C. Evaluation of a serological method for the detection of *Taenia saginata* cysticercosis using serum and meat juice samples. *Parasitology Research* 2007; 101:131-137.
118. Kebede N. Cysticercosis of slaughtered cattle in northwestern Ethiopia. *Research in veterinary Science*. 2008; 85: 522-526.
119. Dorny P, Praet N. *Taenia saginata* in Europe. *Veterinary Parasitology*. 2007; 149: 22-24.
120. Dorny P, Vercammen F, Brandt J, Vansteenkiste W, Berkvens D, Geerts S. Sero-epidemiological study of *Taenia saginata* cysticercosis in Belgian Cattle. *Veterinary Parasitology*. 2000; 88: 43-49.
121. Minozzo JC, Ferreira GR, de Castro E, Lago, O, Thomaz-Soccol V, Experimental bovine infection with *Taenia saginata* eggs: recovery rates and cysticercosis location, Brazilian Archives of Biology and Technology an international Journal, 2002; 45: 4: 451-455.
122. De Souza VK, Pessoa-Silva C, Kowalczyk, ML, Marty S, Thomaz-Socool V. Anatomic regions of major occurrence of *Cysticercus bovis* in bovines under federal inspection at slaughterhouse in the municipality of Sao José dos Pinhais, State of Paraná from July to December, 2000. *Brazil.J.Vet. Parasitol*. 2007; 16:92-96.

123. Cabaret J, Geerts S, Madeline M, Ballandonne C, Barbier D. The use of urban sewage sludge on pastures: The cysticercosis threat. *Veterinary Research*. 2002; .33: 575-597.
124. Minozzo JC, Thomaz-Soccol V, Chávez OC, Soares VE, da Costa, AJ, Teste imunoenzimático (enzyme-linked immunosorbent assay) para diagnóstico da cisticercose bovina e estudo da cinética de produção de anticorpos contra *Cysticercus bovis*. *Ciência Rural*, Santa María. 2004; 34:3, 857-864.
125. Onyango-Abuje J, Hughes G, Opicha M, Nginyi K, Rugutt MK, Wright SH, Harrison LJ. Diagnosis of *Taenia saginata* cysticercosis in Kenyan cattle by antibody and antigen ELISA. *Veterinary Parasitology* 1996; 61: 221-230.
126. Dewhirst LW, Cramer JD, Pistor WJ. Bovine Cysticercosis. I. Longevity of Cysticerci of *Taenia saginata*. *The Journal of Parasitology*. 1963: 49; 297-300.

Cuadros

Cuadro1. Coeficiente de atenuación de diferentes tejidos.

Tejidos	Coeficiente de Atenuación dB/Cm* MHz/
Agua	0.002
Sangre	0.18
Grasa	0.660
Tejido Suave	0.900
Hígado	0.95
Riñón	1.00
Músculo	2.00
Aire	12.00
Hueso	20.00

Modificado de Loroit *et al.*, 1997 y López Palacios, 1998^{69, 72}

Cuadro 2. Pérdida de amplitud de onda producida por la reflexión de diferentes interfases entre tejidos.

Interfase	Pérdida de Amplitud de Onda
Tejido - Aire	-0.01
Hueso- Tejido	-3.80
Grasa -Músculo	-20.00
Reflector Ideal	0.0

Modificado de Loroit *et al.*, 1997 y López Palacios, 1998 ^{69, 72}

Cuadro 4. Relación entre el diagnóstico en lengua y la necropsia en cerdos provenientes del área rural de los Estados de Morelos y Guerrero, México.

Diagnóstico en lengua	Necropsia		Total
	Positivo	Negativo	
Positivo	17	12	29
Negativo	3	66	69
	20	78	98

$X^2 = 37.03$ $P < 0.01$

Indice de kappa = 0.59

Cuadro 5. Relación entre el diagnóstico por ELISA y la necropsia en cerdos provenientes del área rural de los Estados de Morelos y Guerrero, México.

Diagnóstico por ELISA	Necropsia		Total
	Positivo	Negativo	
Positivo	19	9	28
Negativo	1	68	69
	20	77	97

$X^2 = 53.67$ $P < 0.01$

Indice de kappa=0.72

Cuadro 6. Determinación de la validez de la prueba, utilizando como pruebas de referencia la necropsia y la ultrasonografía.

Pruebas validez	Necropsia con cada prueba			Ultrasonido con cada prueba	
	Ultrasonografía n=98	ELISA n=98	Lengua n=97	ELISA n=98	Lengua n=97
Sensibilidad	95%	95%	85.0 %	90% ^b	76% ^b
Especificidad	97.4%	88.3	84.6%	88.3% ^b	83% ^b
Valor predictivo positivo	90.5%	67.9%	58.6%	67.9%	55%
Valor predictivo negativo	98.7%	98.6%	95.7%	98.%	92.8%
Indice Kappa	0.90^a	0.72^a	0.59^a	0.70	0.52

La literal **a** en el renglón indica concordancia con la necropsia con $P < 0.001$

La literal **b** en las columnas indican que los valores no fueron estadísticamente significativos con $P > 0.01$

Cuadro 7. Prueba de Chi cuadrada para la comparación de proporciones en sensibilidad de las pruebas diagnósticas.

Prueba	Enfermos		
	Positivos	Falsos (+)	Total
Ultrasonido	19	1	20
Lengua	17	3	20
ELISA	19	1	20

$$X^2 = 1.75 \quad P=0.41$$

Cuadro 8. Prueba de Chi cuadrada para la comparación de proporciones en especificidad de las pruebas diagnósticas.

Prueba	No enfermos		
	Negativos	Falsos (-)	total
Ultrasonido	76	2	78
Lengua	66	12	78
ELISA	68	9	77

$$X^2 = 7.63 \quad P=0.0220$$

Cuadro 9. Viabilidad de los huevos de *Taenia saginata* eliminados en heces de bovino *post inoculación* con proglótididos.

Días post inoculación	Huevos encontrados en heces
1.	No se observaron huevos en heces.
2.	Se encontraron 97 huevos de <i>Taenia</i> y ninguno era viable.
3.	Disminuyeron los huevos de <i>Taenia</i> y ninguno era viable.
4.	Disminuyeron los huevos de <i>Taenia</i> y ninguno era viable.
5.	Se encontraron 2 huevos de <i>Taenia</i> y ninguno era viable.
6.	No se encontraron huevos de <i>Taenia</i> .
7.	Se ratifica que no se encontraron huevos de <i>Taenia</i> .

Cuadro 10. Relación y localización del metacéstodo encontrados en la necropsia de un bovino inoculado con proglotidos de *T. saginata*.

Área anatómica	Número de metacéstodos
Lengua	-----
Masetero	1
Diafragma	3
Corazón	8
Lomo	125
Psoas*	4
Intercostales	38
Gran dorsal	26
M torácico*	88
M pelviano*	133
Cerebro	0

*Sólo se evaluaron los músculos de lado derecho

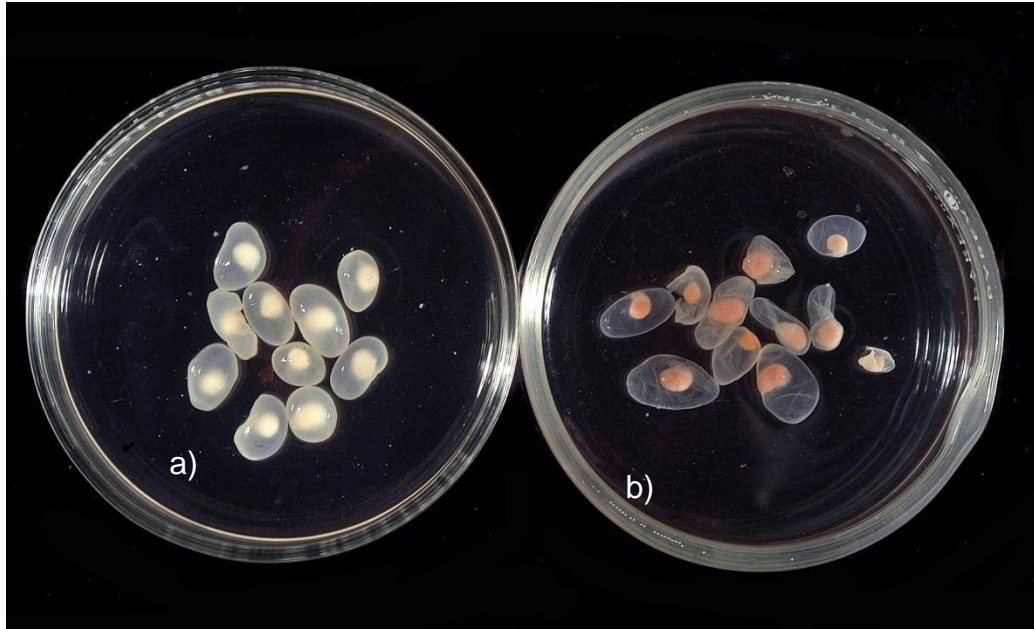
Figuras

Figura 1. Diagnóstico de cisticercosis en cerdos vivos.



- a) Técnica tradicional de inspección rutinaria de lengua en cerdo vivo, de herramienta se utiliza una varilla, para abrir la boca. (En mercados del Estado de México).
- b) Inspección de lengua en cerdo vivo en pie, induciendo la apertura con un palo cilíndrico en localidades del Estado de Morelos.
- c) Se observa en la superficie ventral de la lengua cisticercos vesiculares en un cerdo vivo (flechas)
- d) Corte de masetero para inspección de cisticercos en un cerdo vivo, (flechas) en el mercado de Luvianos, Estado de México.

Figura 2. Metacéstodos de *Taenia solium* y *Taenia saginata*



- a) Metacéstodo de *Taenia solium* en estadio vesicular, se observa el escólex en su interior.
- b) Metacéstodo de *Taenia saginata* en estadio vesicular, con un pequeño escólex en su interior con una ligera coloración rosasea.

Figura 3. Áreas anatómicas de inspección en el cerdo con el ultrasonido.

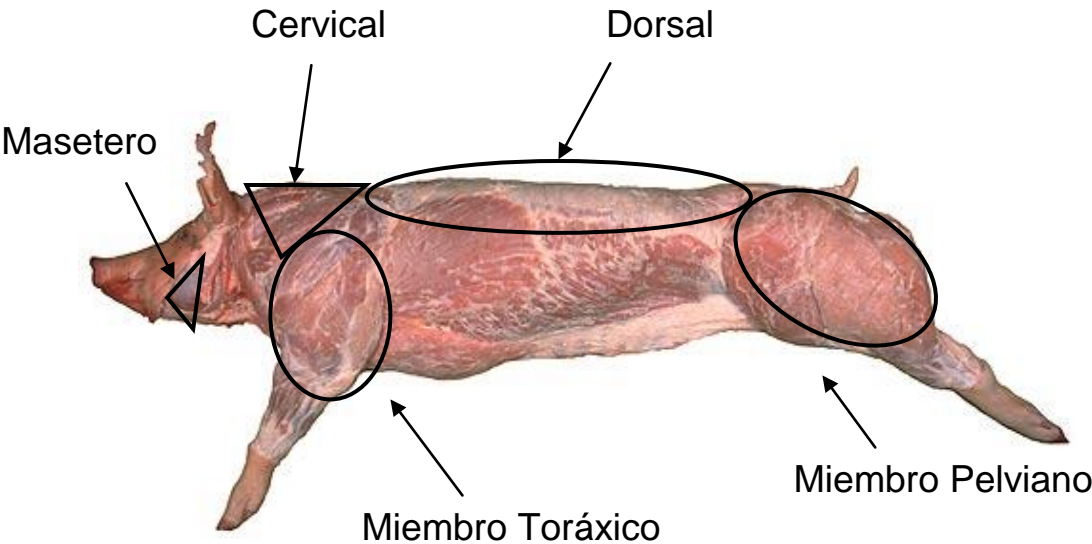
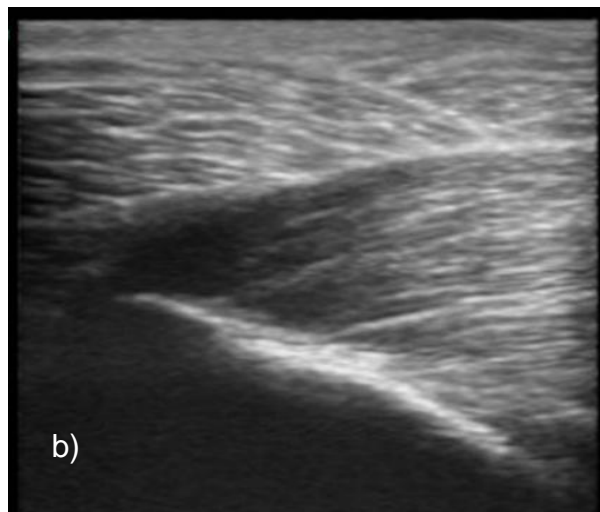
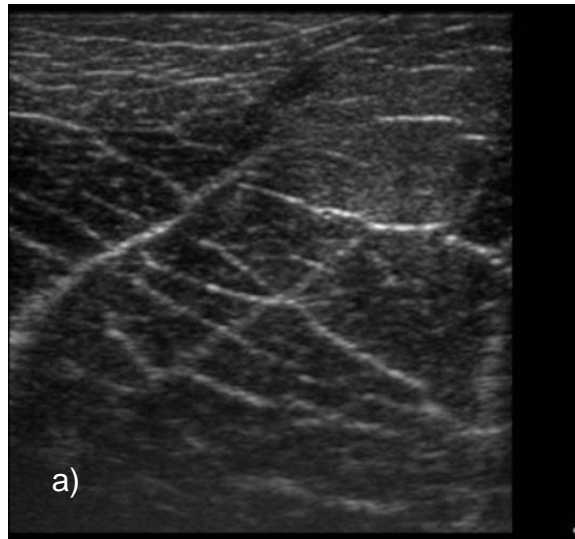


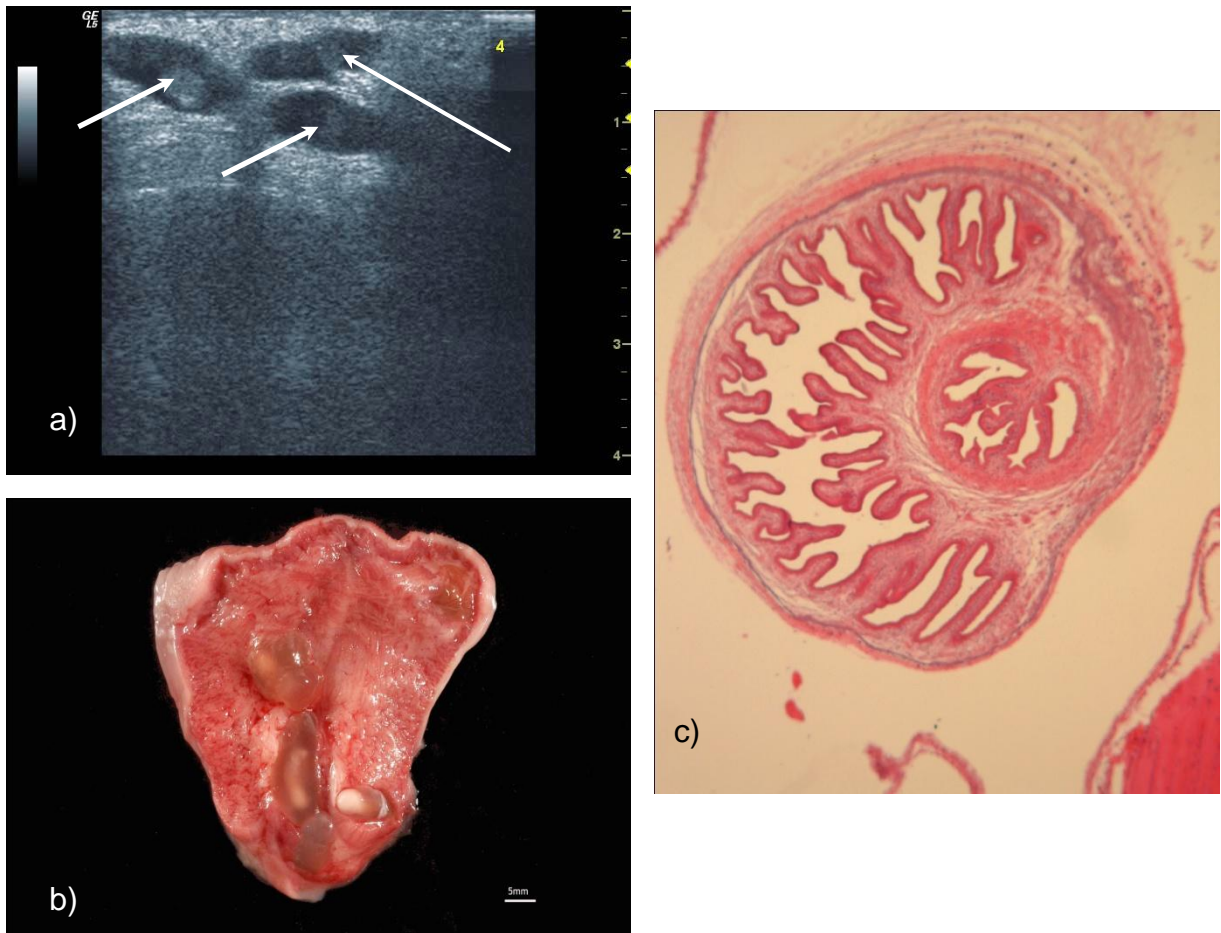
Figura 4. Músculo normal y representaciones de plano de corte.



- a) Corte transversal de músculos en miembro pelviano, se observan las fibras musculares en forma transversal y la pérdida de amplitud de onda producida por la reflexión de diferentes interfases entre grasa y músculo.

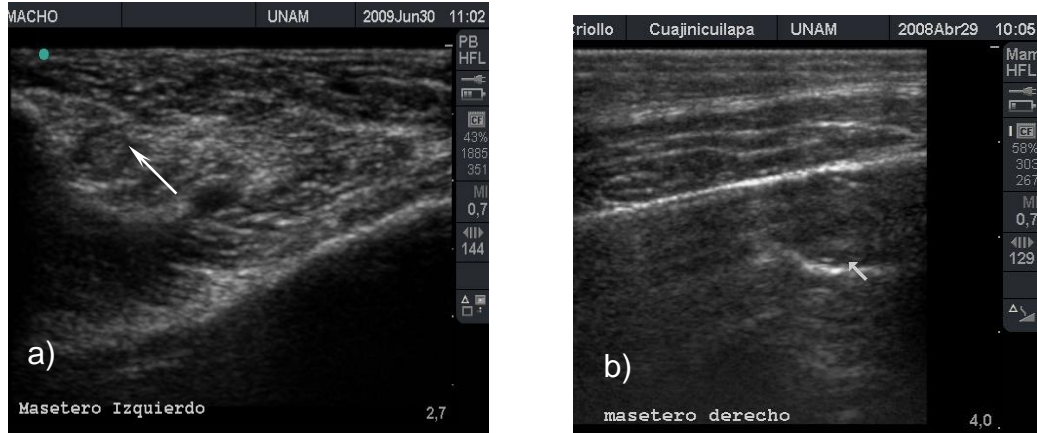
- b) Corte longitudinal en miembro pelviano, se observan diferentes músculos (semimembranoso y semitendinoso), mostrando las fibras musculares en forma longitudinal.

Figura 5. Metacéstodo de *Taenia solium* en la lengua de un cerdo:



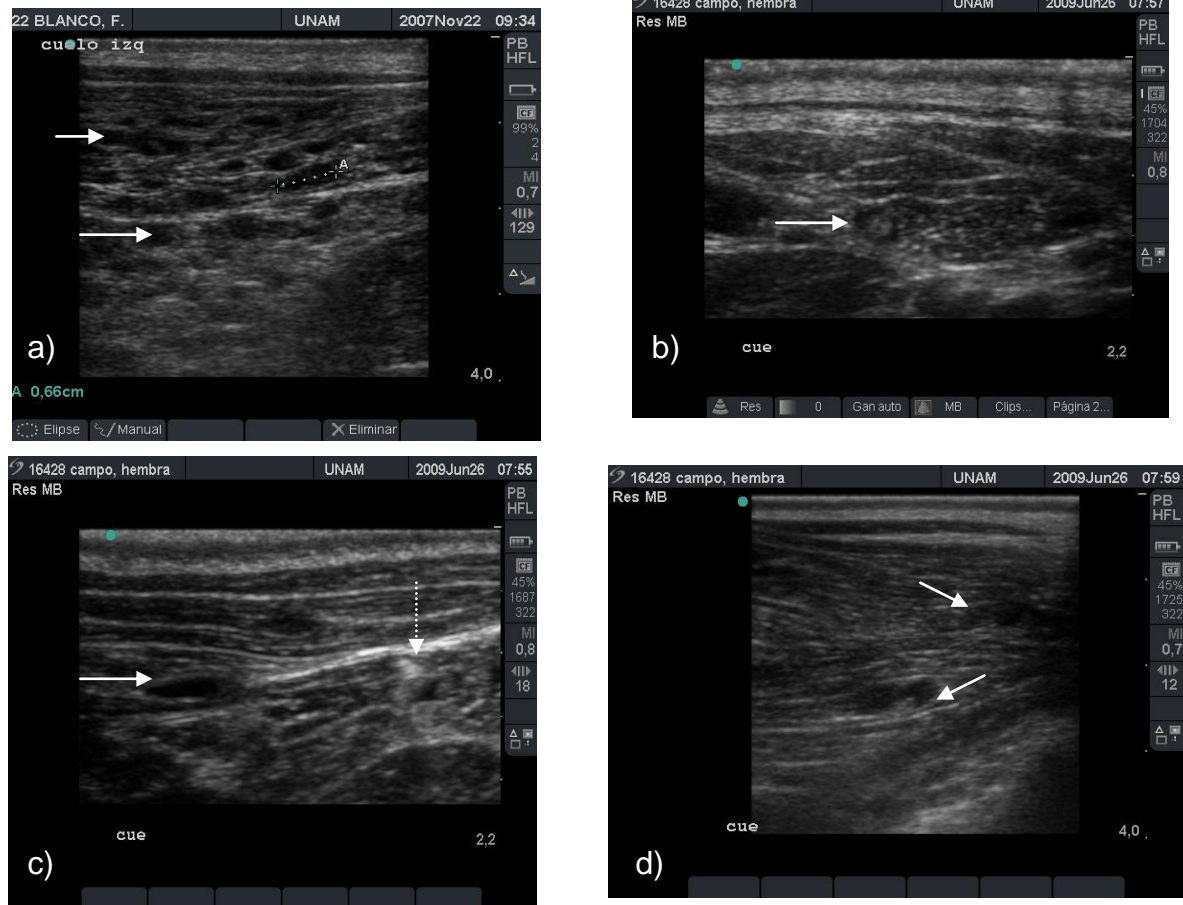
- a) Imagen ultrasonográfica obtenida en **lengua** de un cerdo vivo, se observan tres metacéstodos en forma oval con pared ecogénica bien delimitada, contenido anecoico que produce reforzamiento distal. En el centro se observa el escólex (Flechas) Profundidad: 1 cm transductor lineal con frecuencia de 12 MHz.
- b) Corte de lengua efectuado a la necropsia, se observan tres metacéstodos que corresponde de la imagen del ultrasonido.
- c) Corte histológico del metacéstodo, corresponde a un cisticerco vesicular, se observa el tegumento del parásito, el canal de entrada y el canal espiral.

Figura 6. Ultrasonografías obtenidas del **masetero** de un cerdo vivo.



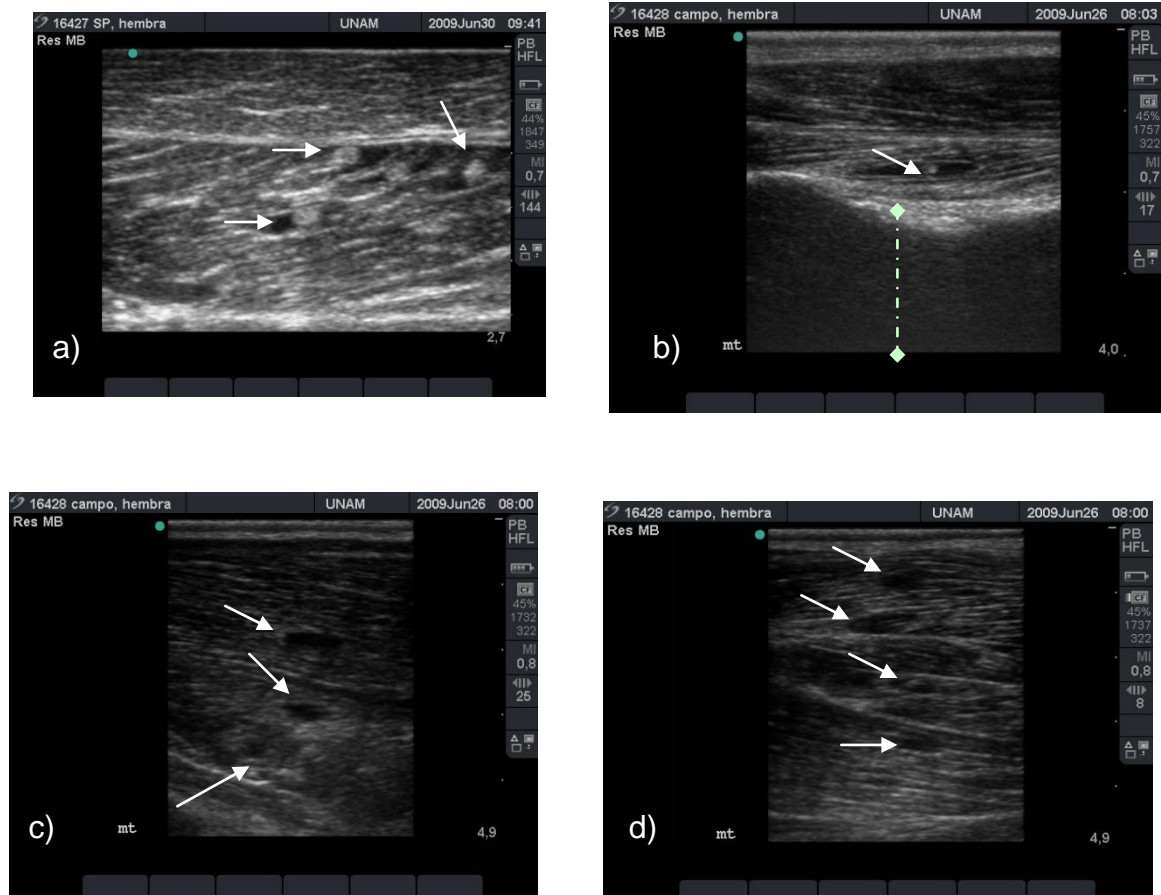
- a) Cisticerco en forma redonda, con escaso contenido anecoico que genera reforzamiento posterior. En el centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flecha). Profundidad de 1cm. Transductor lineal multifrecuencia de 6-13 MHz.
- b) Masetero derecho sin estructuras sugerentes del metacéstodo, presentando un artificio con marcado efecto espejo. (flecha)

Figura 7. Ecografías obtenidas en el área cervical de un cerdo vivo.



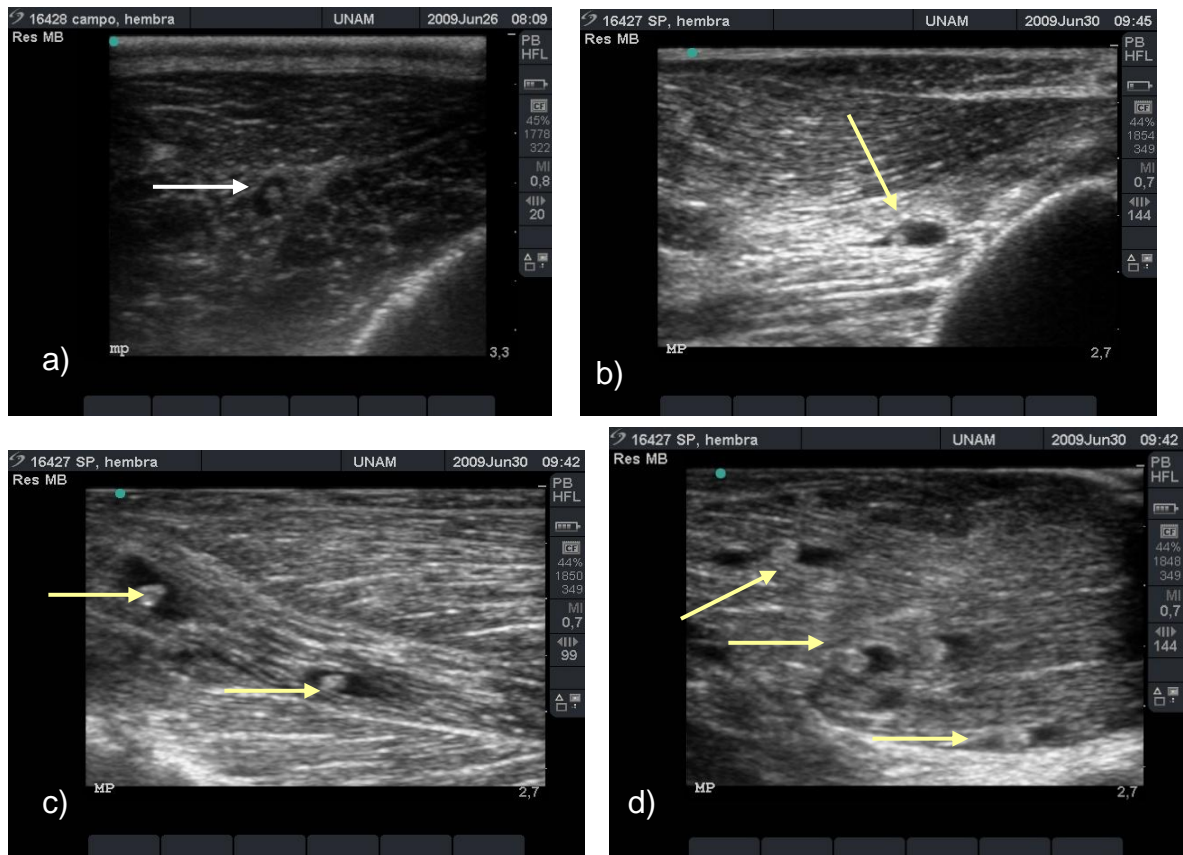
- Corte transverso de músculos en el área cervical los cisticercos con forma redonda, contenido hipoecoico con refuerzo posterior (flecha).
- Corte transverso de músculos en el área cervical. Los cisticercos con forma redonda, contenido hipoecoico. En el centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flecha).
- Corte longitudinal, en las fibras musculares se observan los cisticercos en forma alargada. (flecha con línea continua) otro en forma redonda conteniendo el escólex ecogénico (flecha con línea discontinua).
- Corte longitudinal, en las fibras musculares se observan los cisticercos en forma alargado. el centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flechas). Profundidad de 3 cm. Transductor lineal con multifrecuencia de 6-13 MHz.

Figura 8. Imagen ultrasonográfica obtenida del **miembro torácico porción proximal** de un cerdo vivo.



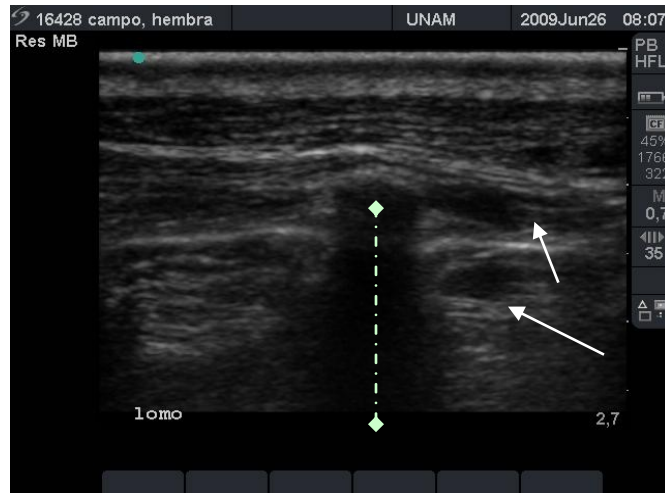
- a) Se observan las fibras musculares en corte oblicuo con cisticercos y escólex en el interior (flechas).
- b) En el centro se observa un cisticerco con forma ovalada, contenido anecoico que genera reforzamiento posterior, en cuyo centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flecha). Adicionalmente se observa una sombra acustica ocasionada por la escápula del miembro torácico (línea discontinua).
- c) Corte oblicuo y se observan las fibras musculares en forma longitudinal y oblicuas, con metacéstodos anecoicos que generan un leve reforzamiento posterior (flechas).
- d) Corte longitudinal, en las fibras musculares se observan los cisticercos en formas alargadas (flechas).

Figura 9. Ultrasonografías obtenidas del miembro pelviano porción proximal de un cerdo vivo.



- Corte transverso de músculos en miembro pelviano y la imagen del cisticerco es anecoico con el escólex hiperecoico en forma redonda (flecha), también se observa la sombra acústica provocada por el hueso.
- Corte longitudinal y se observan las fibras musculares en forma longitudinal y el cisticerco con forma gota con contenido anecoico que genera reforzamiento posterior, en cuyo centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flecha). Profundidad de 1.5 cm. Transductor lineal multifrecuencia de 6-13 MHz.
- Corte oblicuo y se observan las fibras musculares en forma longitudinal y oblicuas, donde hay dos cisticercos con contenido anecoico que genera reforzamiento posterior, en cuyo centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex (flechas).
- Corte longitudinal, en las fibras musculares se observan los cisticercos en forma alargada (flechas).

Figura 10. Imagen ultrasonográfica obtenida del **lomo** de un cerdo vivo.



De el lado derecho se observan tres cisticercos,(flechas) en la parte central se identifica la sombra acústica por efecto de vertebras transversas (línea discontinua).

Figura 11. Imagen con la función Doppler **color**

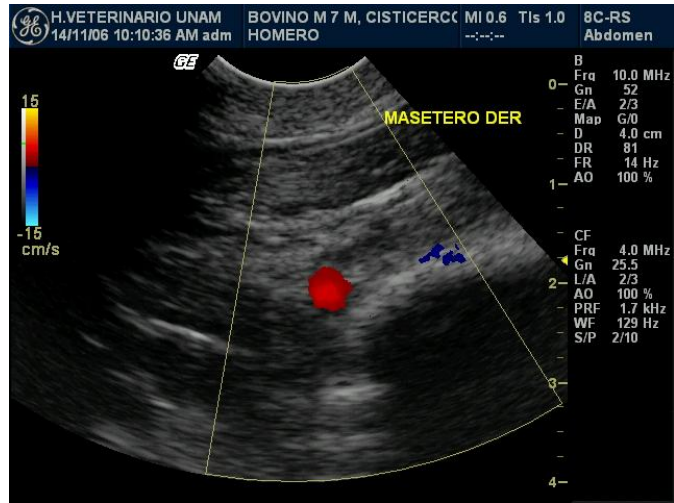


Imagen con tansductor convexo, el color rojo nos indica que existe flujo.

Bovinos

Figura 12. Resultados de ELISA de un becerro post-inoculación de huevos de *Taenia saginata*.

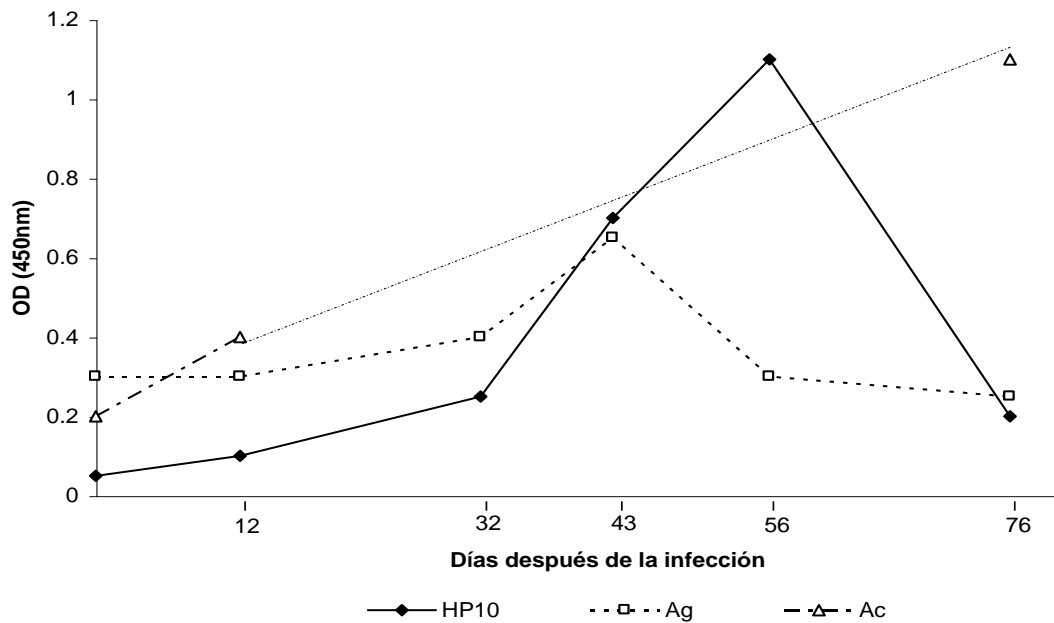
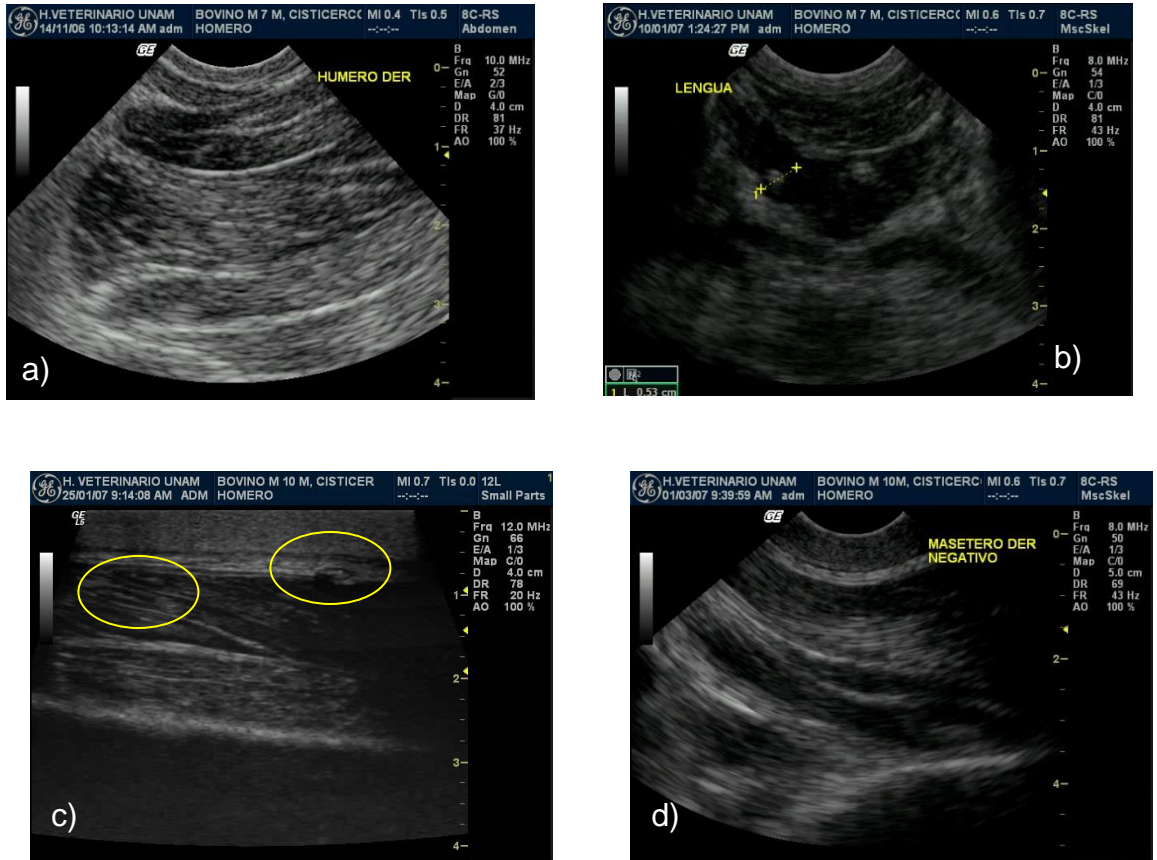


Imagen proporcionada por la Dra. Edda Sciutto.

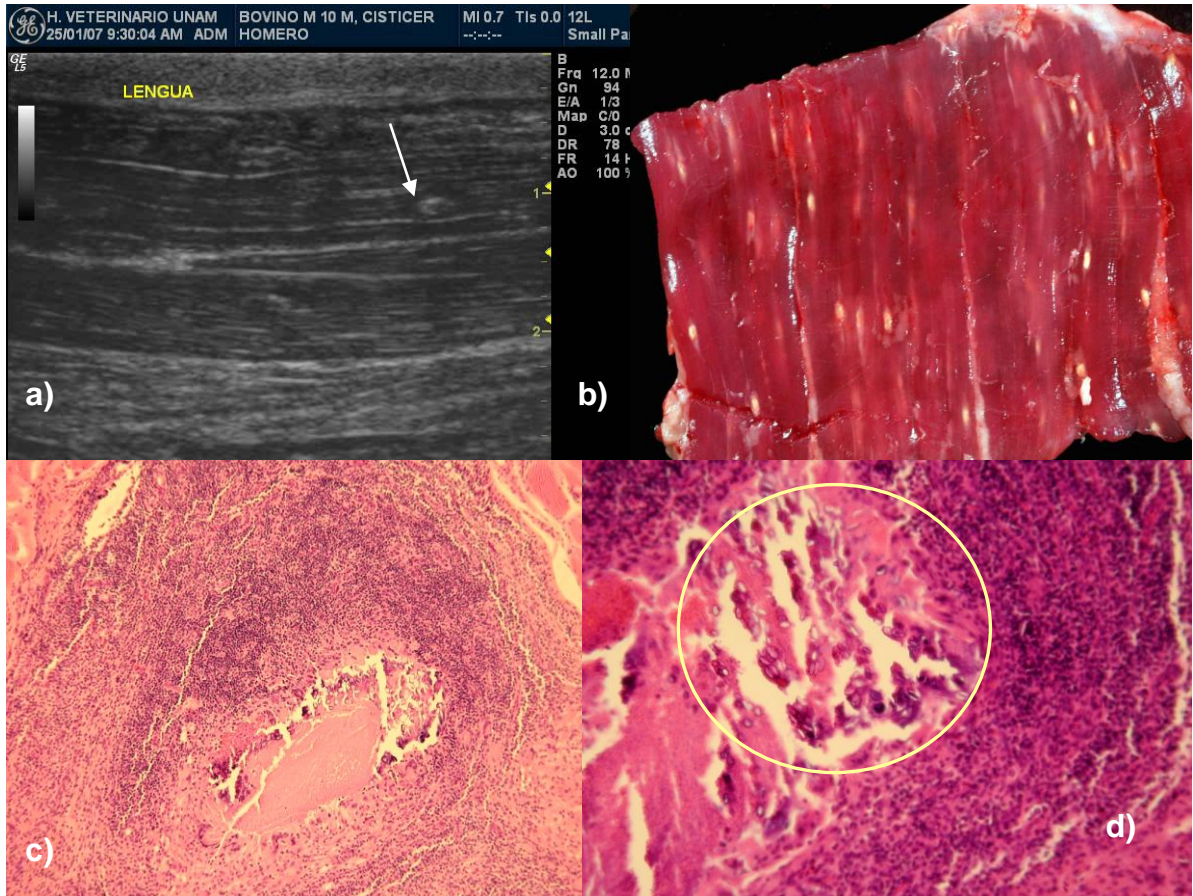
Se observó un incremento de la densidad óptica del ELISA para detección de anticuerpos para el antígeno de secreción de cisticerco HP10 a partir del día 32 *post infección*, teniendo el pico máximo en el día 56 *post infección*. Ambos muestran disminución marcada el día 76 *post infección*.

Figura 13. Secuencia de ecografías de músculo de un bovino inoculado con huevos de *Taenia saginata*



- a) Imagen de músculos, sin estructuras sugerentes al metacéstodo al día 54 post infección.
- b) En el centro se observa dos metacéstodos con forma ovalada, contenido anecoico que genera reforzamiento posterior, en cuyo centro se observa una estructura ecogénica redonda que corresponde al escólex en el día 90 post infección.
- c) Ultrasonografía de músculo, en donde se observa el metacéstodo de generado entre las fibras musculares en forma longitudinal al día 105 post infección.
- d) Imagen de músculos, sin estructuras sugerentes al metacéstodo al día 140 post infección.

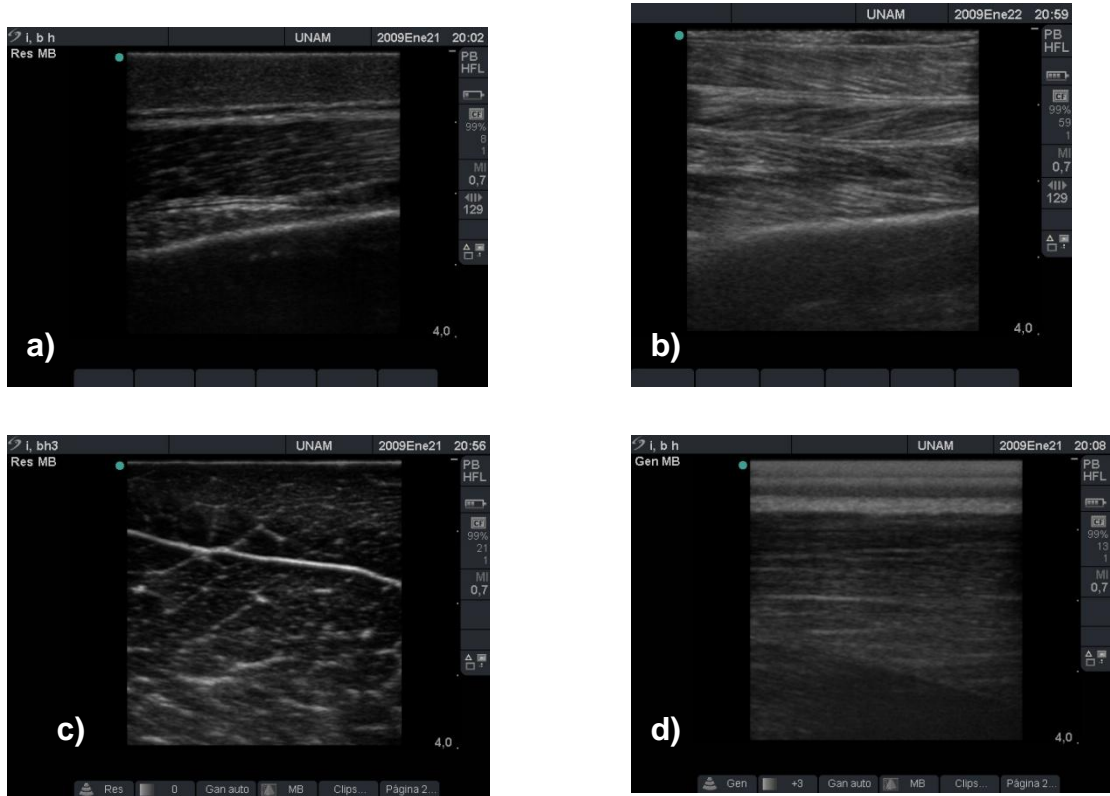
Figura 14. Comparación de la Ecografía con características Macro y Microscópicas de los metacéstodos en músculo de un bovino inoculado con huevos de *Taenia saginata*.



- a) Ultrasonografía de músculo, en donde se observa un cisticerco degenerado entre las fibras musculares en forma longitudinal al día 105 post infección.
- b) Músculo de cerdo en el cual se observan cisticercos degenerados entre las fibras musculares dando la apariencia de granos de arroz.
- c) Histología del músculo de bovino con tinción de hematoxilina y eosina de un cisticerco de grado 5.
- d) En el círculo se observan corpúsculos calcareos refringentes del metacéstodo de *Taenia saginata*.

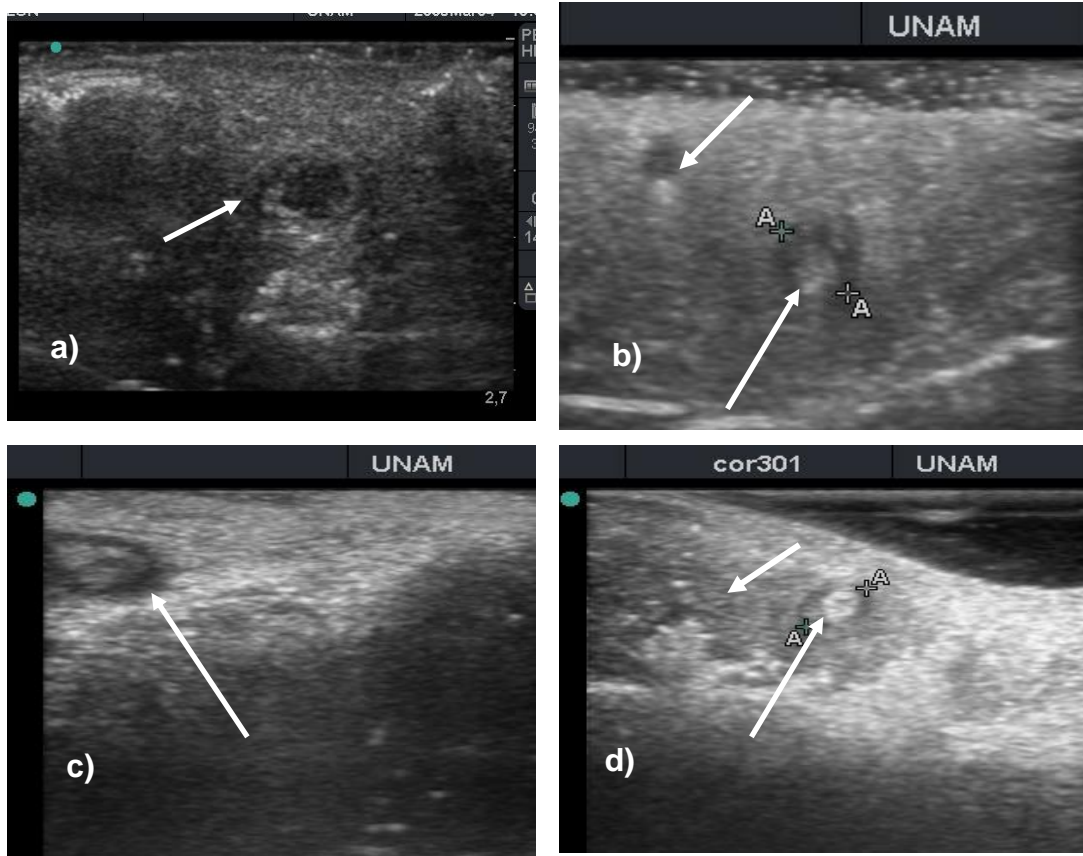
Bovinos en rastros

Figura 15. Músculo en diferentes regiones anatómicas de bovinos negativos al metacésto de *T. saginata*.



- a) Corte longitudinal del mesetero
- b) Corte longitudinal de músculo en miembro torácico
- c) Corte transversal del músculo en miembro pelviano
- d) Corte longitudinal del musculo del miembro pelviano

Figura 16. Músculo cardiaco de tres bovinos con el metacestode de *T. saginata*.



- a) En el centro de la imagen se observa un metacéstodo degenerado con refuerzo posterior. (flecha)
- b) Se observan dos metacéstodos; uno anecoico con refuerzo posterior y el otro se observa con el escólex.
- c) En el ángulo superior izquierdo, se observa 1 metacéstodo caseoso ecogénicos con refuerzo posterior.
- d) Se observan dos cisticercos caseosos.

Anexo I

Conceptos básicos de ultrasonido

El contenido de este anexo tiene por objeto proporcionar las bases mínimas de física del ultrasonido, necesarias para realizar el diagnóstico de cisticercosis en cerdos y bovinos.

El equipo de diagnóstico está integrado por el aparato de ultrasonido (ecógrafo), el transductor(sonda)y el operador (ultrasonografista).

El aparato de ultrasonido está conformado por los botones o controles de mando que permiten optimizar la imagen que se muestra en la pantalla.

El transductor tiene cristales piezoeléctricos que convierten los impulsos eléctricos en ondas acústicas; los ecos que se producen en los tejidos también son transformados por los cristales piezoeléctricos en una señal electrónica que es analizada por el ecógrafo y transcrita en forma de imagen en la pantalla.

El operador, también llamado ultrasonografista o técnico tiene la responsabilidad de saber manejar y cuidar el aparato y el transductor, de utilizar con juicio estos implementos y de interpretar las imágenes que obtenga; asimismo requiere de organización para identificar y archivar correctamente los sonogramas.

Física básica del ultrasonido

El ultrasonido es una forma de energía mecánica que en condiciones de trabajo normal no produce efectos biológicos adversos ni en el sujeto bajo estudio ni en el operador. El calor que producen las ondas de ultrasonido puede llegar a causar microcavitaciones por lo que el empleo de este método de diagnóstico debe efectuarse bajo el principio de ALARA (As low as reasonably achievable que en español significa “Tan bajo como razonablemente sea posible”).

El transductor emite el ultrasonido con el grosor aproximado de una hoja de papel por lo que se puede hacer una analogía con la hoja de un cuchillo, de tal manera que lo que se observa en la pantalla, corresponde a la “superficie de corte”

La forma que tiene el ultrasonido emitido depende del tipo de transductor; en los sectoriales, tiene forma de triángulo; en los convexos y microconvexos, la forma es de un triángulo al que se le ha quitado la punta (Figura 11) y en los lineales el sonido emitido tiene forma de rectángulo. (Figura 6)

Se prefieren los transductores lineales para las estructuras superficiales y los convexos o microconvexos para los órganos profundos.

Actualmente la mayoría de los transductores son electrónicos lo que permite que en un solo transductor se tengan diferentes frecuencias, por ejemplo de 2.5 MHz a 5 MHz o bien de 6 MHz a 9 MHz.

Existe una relación directa entre la frecuencia y la resolución y una relación inversa entre la frecuencia y la penetración, es decir a mayor frecuencia, mayor resolución y a mayor frecuencia, menor penetración.

Para estructuras superficiales se utilizan transductores de alta frecuencia y para órganos profundos se requieren transductores de baja frecuencia.

Programación de la onda ultrasónica y formación del eco

La propagación de las ondas ultrasónicas se efectúa en línea recta y sigue las mismas reglas que la onda óptica. Cada medio se caracteriza por una impedancia acústica Z , es decir, por una tendencia mayor o menor a frenar la propagación de los ultrasonidos. La superficie de separación entre dos medios de impedancias acústicas distintas se llama interfase acústica.

Reflexión de los ultrasonidos

Cuando una onda ultrasónica pasa de un medio a otro, una parte de la energía incidente es reflejada. Las características de la reflexión en la interfase de dos medios dependen de la diferencia entre las impedancias acústicas de ambos. Por ejemplo, para una interface grasa-músculo, sólo el 1,5% de la energía incidente es

reflejada. Sin embargo, los ecos son de suficiente amplitud para ser detectados. La mayor parte de la energía es transmitida a través de la interfase y puede explorar estructuras más profundas. En cambio, el aire o el hueso, cuyas impedancias acústicas son muy diferentes de las de los tejidos blandos, reflejan muy intensamente y representan obstáculos para la propagación de los ultrasonidos.

Para obtener una imagen de buena calidad, el haz incidente debe ser lo más perpendicularmente posible a la interfase, sin lo cual la onda reflejada no llega al transductor y se pierde. Esto explica que sea imposible examinar en un solo corte ecográfico los contornos exactos de un órgano o de una lesión.

Difusión de los ultrasonidos

La difusión es la reemisión en todas las direcciones del espacio por estructuras “blanco” de muy pequeño tamaño. Así, sea cual fuere la incidencia del haz, sólo los ecos difuminados hacia el transductor serán captados. Los ecos son de menor intensidad que los reflejados por una interfase. La ecoestructura del parénquima de un órgano, se debe a los ecos difundidos por los capilares, el tejido conjuntivo, las células, etc. Gracias a esta ecoestructura se puede diferenciar un tumor sólido de un tumor con contenido líquido carente de eco.

La imagen ecográfica de un órgano parenquimatoso está compuesta, por una parte, de una imagen de interfase muy ecógena resultado de la reflexión de los ultrasonidos y que representa el contorno del órgano, y, por otra parte, por una imagen hística, centellante, resultado de la difusión de los ultrasonidos y que representa el parénquima del órgano.

Atenuación de la energía ultrasónica

Además de los fenómenos de reflexión y de difusión que dispersan la energía de la onda incidente, se observa una atenuación de su energía. Esta atenuación resulta de:

- *Distancia recorrida.* La intensidad de una onda decrece exponencialmente con la distancia recorrida; por ello, dos interfases idénticas, pero situadas a profundidades distintas, no generan ecos de igual amplitud, ya que los trayectos recorridos por la onda son distintos. Este inconveniente se corrige por medio de la amplificación sectorial de los ecos es decir que en los sectores superficiales, más cercanos al transductor, los ecos se amplifican poco y en los sectores profundos, los ecos se amplifican al mucho. Esta amplificación sectorial se logra con los controles de la curva de ganancia. Con el control de ganancia total se puede modificar la amplificación de los ecos de manera general La ganancia total debe ajustarse según la ecogenicidad de los órganos o tejidos bajo estudios La curva de ganancia permite atenuar algunos artificios y mejorar el ajuste sobre una zona interesante del corte que se esta estudiando.
- *Medio de propagación.* Las características del medio de propagación influyen sobre la atenuación de la intensidad ultrasónica. La atenuación es mucho más importante en el hueso y en el aire que en los tejidos blandos. En cambio, es muy débil en los líquidos; por ello se utilizan como ventanas acústicas que facilitan el estudio de los tejidos más profundos.

FORMACIÓN DE LA IMÁGENES ECOGRÁFICAS

Imágenes de contornos

Imágenes de interfase. Las imágenes de interfase se forman por la reflexión de los ultrasonidos a nivel de la zona de contacto entre dos medios de diferente impedancia acústica, este límite se traduce sobre la pantalla por una línea ecógena que limita el contorno del órgano. Esta línea es tanto más visible cuanto más perpendicularmente incide el haz (reflexión de tipo de espejo), si el haz incidente es paralelo a la interfase, no hay reflexión ni se forma ninguna imagen sobre la pantalla.

Imágenes de pared y tabique. Están representadas por una línea ecógena continua, sea cual fuere la incidencia de los ultrasonidos. Estas paredes son visibles. Incluso si los medios que separan poseen impedancias acústicas similares. Las paredes atravesadas siguiendo una incidencia perpendicular son muy ecógenas, mientras que las paredes tangentes al haz no siempre son visibles sobre la pantalla. La imagen ecográfica de los vasos se caracteriza, en un corte transversal, por un disco negro rodeado de blanco según las características estructurales de la pared, y en un corte longitudinal, por una imagen en conducto negra bordeada de blanco.

Imágenes de Tejidos

Tejidos blandos. Se trata de los músculos y de los diversos parénquimas orgánicos. Obtenemos sobre la pantalla una imagen de textura granulosa, alterando manchas blancas, grises y negras, más o menos finas, y más o menos granuladas y contrastadas. Esta textura, es debida a la difusión de las ondas ultrasónicas en el seno del tejido. El aspecto de la imagen depende de numerosos factores:

- *Características estructurales del tejido.* Depende del reparto de los reflectores (unidad estructural a nivel de la cual se produce la reflexión de la onda ultrasónica, de su densidad y de su naturaleza).
- *Características de la sonda.* El tamaño de las manchas depende de la resolución del ecógrafo, definida por la frecuencia de la sonda y la focalización del haz.
- *Características del ecógrafo.* Especialmente, del ajuste de la ganancia, del contraste, del umbral de eliminación. El empleo de una ganancia demasiado débil o de un umbral de eliminación demasiado elevado puede hacer que aparezca carente de un eco un parénquima únicamente hipoecógeno y que sea posible confundirlo con un líquido.

De esto deriva que el aspecto ecográfico de un hígado, por ejemplo, sea diferente según la especie, la raza, la edad, la sonda, el ecógrafo y el ajuste. Por ello, el clínico debe conocer perfectamente su aparato y haberlo probado durante muchas horas en animales sanos, de especie, raza y edad distintas, antes de pretender identificar una modificación del aspecto ecográfico de un órgano.

El examen de la imagen se hace en distintas fases:

- 1) Identificación del parénquima y del órgano. El parénquima hepático es menos ecógeno que el esplénico, pero más ecógeno que la corteza renal; por otra parte, el punteado del parénquima esplénico es más fino que el del hepático.
- 2) Estudios de los contornos del órgano. Este estudio permite demostrar un eventual aumento de tamaño, ya sea por la observación de bordes redondeados, ya sea por la modificación de la vía de abordaje que revela un desplazamiento del órgano.
- 3) Estudio de la homogeneidad de la ecoestructura. Un órgano sano posee un parénquima cuya estructura permanece homogénea, sea cual fuere la incidencia de los cortes. La heterogeneidad de un parénquima revela siempre la presencia de una anomalía. Una modificación del conjunto del parénquima también debe alertar al clínico.

Tejidos grasos. Los tejidos grasos son tejidos blandos muy ecógenos. Dan a menudo lugar a imágenes de mala calidad, ya que la onda ultrasónica está muy atenuada y muy difractada. Los animales obesos y aquellos cuya piel es espesa son difíciles de realizar la ultrasonografía.

Tejidos óseos. El hueso es un tejido de fuerte cohesión molecular con una impedancia acústica elevada. La diferencia de impedancia acústica entre el hueso y los tejidos cercanos es tal que existe una reflexión muy importante a nivel de su

interfase. Por lo tanto, no hay imagen tras un tejido óseo, y su descripción se limita a la de su superficie.

Imágenes correspondientes a líquidos En ecografía, los líquidos puros son asimilables al agua y transmiten perfectamente los ultrasonidos. Sobre la pantalla aparecen como zonas carentes de eco: por lo tanto, anecogénicas, incluso si aumentamos la ganancia. La orina, el líquido amniótico, la bilis y algunos derrames son líquidos llamados “puros”. En cambio el líquido de elevada celularidad y/o que contengan partículas en suspensión, llamados líquidos “impuros”, los ultrasonidos encuentran una multitud de reflectores. Observamos una imagen punteada blanca con ganancia elevada. La orina de los caballos, el pus y algunos derrames se consideran líquidos “impuros”.

Imágenes correspondientes a gas. En la interfase del tejido medio gaseoso, los ultrasonidos son totalmente reflejados, ya que la diferencia de impedancia es elevada. Sobre la pantalla, observamos una imagen de interfase hiperecogénica seguida de un cono de sombra. La observamos al principio de la exploración cuando el contacto entre la sonda y la piel aún no es suficiente, y en ecografía digestiva desde el momento en que el aire o gas están presentes en un tejido.

Imágenes correspondientes a cálculos. Los cálculos también originan un cono de sombra, ya que la totalidad de los ultrasonidos es reflejada. Lo mismo ocurre con el hueso. Los cálculos están representados por un arco hiperecogénico, seguido de un cono de sombra que a veces es más visible que el cálculo mismo, sobre todo si este último no presenta una cara perpendicular al haz incidente.

Artificios

Los artificios son alteraciones de la imagen producidas artificialmente durante la exploración. No corresponden a ninguna anomalía o lesión. Estas alteraciones son debidas a fenómenos físicos inherentes a las leyes de propagación de los

ultrasonidos. La interpretación de las imágenes ecográficas debe tener en cuenta estas imágenes, por lo tanto, es fundamental reconocerlas.

Reverberación o eco de repetición. Se manifiesta por una sucesión de curvas hiperecógenas paralelas. Se origina a partir de reflexiones múltiples entre dos interfases y la superficie de la sonda. Únicamente el primer eco corresponde a una estructura real: los demás se presentan como copias de menos intensidad.

Cola de cometa. Es un trazo vertical hiperecógeno que encontramos cuando el haz de ultrasonido choca contra un burbuja de aire o una pequeña superficie mineralizada. Es un fenómeno de reverberación. El aparato interpreta los intervalos sucesivos entre reverberaciones como un alejamiento; aparecen entonces una serie de seudointerfases próximas entre sí en forma de cola de cometa. Estas aparecen frecuentemente asociadas al cono de sombra en cortes transversales del intestino delgado. En caso de pequeños cálculos o calcificaciones erráticas.

Cono de sombra. El cono de sombra es una zona oscura, resultado de la ausencia de ecos debida a la reflexión total de la onda ultrasónica a nivel de una interfase con aire, hueso o cálculos.

Refuerzo posterior. El refuerzo posterior se traduce por una imagen más ecógena que observamos distalmente a una estructura que no atenúa los ultrasonidos. Una onda que atraviese la vejiga como ventana acústica.

Artificio en espejo. Consiste en la aparición en la pantalla de dos imágenes idénticas, simétricas respecto a una línea muy ecógena. Se observa fundamentalmente durante la ecografía de la cara diafragmática del hígado. La interfase hígado pulmón refleja totalmente las sondas que inciden perpendiculares al diafragma. Una parte de la energía reflejada alcanza directamente el transductor

y permite al ecógrafo construir la imagen correspondiente al intervalo sonda-pulmón. Este fenómeno se traduce sobre la pantalla mediante la formación de una imagen distal al diafragma, simétrica a la imagen próxima.

Agujero negro ecográfico. Es una imagen oscura carente de ecos y que no corresponde a nada. La obtenemos cuando el haz de ultrasonido es paralelo a una pared. Al no ser reflejada la onda, no se forma ninguna imagen sobre la pantalla. Podemos entonces creer que existe un solo quiste grande cuando en realidad se trata de quistes pegados el uno al otro y separados por un tabique delgado. Si el haz es paralelo al tabique, éste no aparece sobre la pantalla. Este artificio que se halla habitualmente en cardiología, y no habrá que establecer un diagnóstico precipitado de comunicación interauricular en el corte de las cuatro cavidades mediante un abordaje izquierdo. Aquí, de nuevo en algunas fases del ciclo cardíaco, el haz se sitúa paralelo al tabique interauricular. Esto subraya la importancia de una exploración bajo numerosas proyecciones.

Efecto de margen. Consiste en la formación de una imagen ecógena en un líquido, mientras que éste no contiene ninguna célula ni elemento. Este artificio se halla en ecografías de la vesícula biliar. El haz de ultrasonido se caracteriza por tres dimensiones: anchura, profundidad y espesor. Este último es el responsable que una parte del haz pase por la luz y la otra se sitúe en el margen del parénquima hepático, la protección de este corte en tres dimensiones sobre una pantalla en dos dimensiones hace aparecer en el centro de la vesícula biliar una masa de contornos difusos que no es más que parénquima hepático. Esta imagen sólo se obtiene en ciertas incidencias y presenta un aspecto variable en función del ángulo de incidencia.

Anexo II

Glosario

Anecógeno (anecoico). Define un elemento en que los ultrasonidos no se reflejan, como, por ejemplo, los líquidos puros: agua, bilis, algunos derrames y orina.

Artificio. Alteración de la imagen ecografía, producida artificialmente durante una explosión.

Atenuación de los ecos. Disminución de la energía de los ultrasonidos a medida que penetran en los tejidos; ello se traduce por una disminución de la ecogenicidad en profundidad.

Borde de abordaje. Borde por el cual los ultrasonidos penetran en un órgano.

Cola de cometa. Imagen hiperecógena que encontramos cuando el haz de ultrasonidos choca contra una miniburbuja de aire o una muy pequeña superficie mineralizada de aire o una muy pequeña superficie mineralizada; aire contenido en las asas intestinales, calcificaciones erráticas, pequeños cálculos, etc. Es un fenómeno de reverberación que se traduce por la formación de una sucesión de pequeños trazos horizontales.

Corte ecográfico. Por analogía con el anatómico, es la imagen ecográfica que obtenemos a partir de un plano de corte determinado.

Corte longitudinal. Corte que atraviesa el órgano según su eje mayor.

Corte recurrente. Corte transversal oblicuo con inclinación craneal, ejecutado próximo al borde costal. Se utiliza para la exploración ecográfica del hígado.

Corte transversal. Corte que atraviesa el órgano transversalmente.

Cristal piezoeléctrico. Cristal que posee la capacidad de transformar la energía eléctrica en ondas ultrasónicas. También convierte la energía de vibración

transmitida por el retorno de las ondas ultrasónicas en energía eléctrica. Es el fenómeno de transducción. Cada sonda ecográfica contiene uno o varios cristales. Cada cristal es definido por su frecuencia de emisión: 7,5, 5 y 3,5 MHz son las frecuencias más usadas en medicina veterinaria.

Difracción o refacción. Desviación que sufre la propagación de las ondas ultrasónicas, cuando encuentran un obstáculo.

Difusión. Orientación en todas direcciones. Las ondas ultrasónicas sufren difusión en el seno de los parénquimas.

Distal. Dícese de un tejido u órgano atravesado por los ultrasonidos tras otro tejido u órgano: por ejemplo, el colon se encuentra distal a la vejiga.

Ecógeno. Material que refleja los ultrasonidos; la imagen es más o menos blanquecina según la ecogenicidad del órgano o de la región estudiada.

Ecografía. (Sinónimo ultrasonografía). Exploración de un órgano o de una región del cuerpo mediante ultrasonidos. Un haz de ultrasonidos se dirige hacia la zona que se ha de estudiar, siguiendo breves impulsiones sucesivas, y los ecos devueltos por los diferentes elementos de esta zona son recogidos entre las impulsiones y proyectados sobre un osciloscopio.

Efecto costilla. Imagen hiperecógena; artificio provocado por un contacto directo entre la sonda y la costilla; se obtiene un eco de repetición que se caracteriza por la repetición de una línea recta hiperecógena de arriba abajo en la pantalla.

Efecto de margen. Artificio en el cual una imagen ecógena se superpone a una imagen anecógena. Encontramos este artificio sobre todo al estudiar el hígado.

Efecto espejo. Artificio que sugiere la presencia del hígado al otro lado del diafragma; las dos imágenes del parénquima hepático son simétrica respecto al diafragma.

Frecuencia de una sonda (Transductor). Frecuencia a la cual el cristal piezoeléctrico emite ondas ultrasónicas, entre los períodos de emisión, recibe las ondas reflejadas. Cuanto más elevada es la frecuencia de la sonda, mejor es la imagen sobre la pantalla, pero más débil es la penetración de las ondas ultrasónicas.

Ganancia. Ajuste que permite amplificar o atenuar los ecos reflejados ya sea de forma global en toda la profundidad de la imagen: es la ganancia total; ya sea de forma más selectiva, en algunas regiones de la imagen (es la curva de ganancia o TGC).

Hiperecógeno (hiperecoico). Material que refleja los ultrasonidos de forma muy marcada; la imagen es muy blanquecina y más brillante según la naturaleza de la región estudiada; es, por ejemplo, el caso del hueso, del aire, de los cálculos y de todas las estructuras mineralizadas.

Hipoecógeno (hipoecoico). Material que refleja poco los ultrasonidos; la imagen es grisácea y más bien oscura.

Imagen congelada. Imagen inmóvil; el cristal ya no vibra y la imagen queda fijada sobre la pantalla; el aparato ha grabado la última imagen.

Imagen dinámica. Imagen en movimiento que transcribe en directo los distintos cortes ecográficos efectuados por el cristal oscilante.

Impedancia acústica. Del latín *impedire*: impedir; inercia de un medio a la propagación de los ultrasonidos. Capacidad de determinados tejidos para frenar la transmisión de los ultrasonidos. La impedancia acústica es característica de la naturaleza del tejido y de la frecuencia de las ondas emitidas.

Líquidos impuros. Líquidos en los cuales hallamos elementos en suspensión: células, fibrina *mucus*. Etc.

Líquidos puros. Líquidos sin elementos en suspensión; por ejemplo, agua, orina de carnívoros, bilis, trasudados, etc.

Plano de corte. Plano cuya orientación corresponde a la propagación de los ultrasonidos.

Plano de corte frontal. Plano longitudinal, perpendicular al plano de simetría.

Plano de corte medial o sagital. Plano longitudinal, que pasa por el plano de simetría.

Proximal. Dícese de un tejido u órgano atravesado por los ultrasonidos antes que otro tejido u órgano: por ejemplo, el estómago está proximal al hígado siguiendo un corte recurrente.

Reflexión. El haz reflejado es aquel que regresa al primer medio sin avanzar la interfase que separa dos medios de impedancias acústicas distintas.

Refracción. Véase *Difracción*.

Refuerzo posterior. Imagen más ecógena de lo normal, debida a que los ultrasonidos no han sido atenuados proximalmente.

Reverberación o eco de repetición. Imagen hiperecógena; artificio provocado por la presencia de aire entre la sonda y la piel. Se observa una sucesión de curvas hiperecógenas en lo alto de la pantalla.

Sombra acústica. Imagen anecógena; artificio provocado por la ausencia de ecos tras una estructura que refleja todos los ultrasonidos; esta última da lugar a una imagen hiperecógena, mientras que distalmente la imagen es anecógena.

Transductor. Pieza que es asiento de un fenómeno de transducción, es decir, transformar la energía mecánica y viceversa. Por extensión, una sonda provista de un cristal piezoeléctrico es a veces llamada transductor.