



41  
2y

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

EFFECTO DE DOSIS BAJAS DE  
IRRADIACIÓN GAMA Co-60  
SOBRE EL METACESTODO DE  
*Taenia solium*

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

FERNANDO IVÁN FLORES PÉREZ

ASESORES:

M.V.Z. M.C. ALINE SCHUNEMANN DE ALUJA  
M.V.Z. ADA NELLY M. VILLALOBOS  
QUIM. CIELITA ARCHUNDIA DE LA ROSA

MÉXICO, D.F.

1996



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

EFFECTO DE DOSIS BAJAS DE  
IRRADIACIÓN GAMA Co-60  
SOBRE EL METACESTODO DE  
*Taenia solium*

Tesis presentada ante la  
División de Estudios Profesionales  
de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia  
de la  
Universidad Nacional Autónoma de México  
para la obtención del Título de  
**MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

por

**FERNANDO IVÁN FLORES PÉREZ**

ASESORES: M.V.Z. M.C. ALINE SCHUNEMANN DE ALUJA

M.V.Z. ADA NELLY M. VILLALOBOS

QUIM. CIELITA ARCHUNDIA DE LA ROSA

MÉXICO, D.F.

1996

## RESUMEN

FLORES PÉREZ FERNANDO IVAN. Efecto de dosis bajas de irradiación gamma sobre el metacestodo de *Taenia solium*. Bajo la dirección de: M:V:Z Aline S. de Aluja, M:V:Z Ada Nelly Martínez Villalobos y Quim. Cielita Archundia de la Rosa.

Con el fin de contribuir al control de la Teniasis-Cisticercosis se hizo un estudio para determinar la dosis baja que inactive el metacestodos de *Taenia solium* por medio de la irradiación con rayos gamma de cobalto 60 (Co 60). Se obtuvieron metacestodos de cerdos de diferentes rastros, para aplicarles dosis de irradiación gamma de 0.2 kGy y 0.3 kGy, después se llevaron a cabo pruebas de evaginación *in vitro* con el propósito de evaluar su viabilidad y posteriormente se realizaron ensayos biológicos con hámsters que fueron inmunodeprimidos y después inoculados por vía oral con metacestodos de *Taenia solium* irradiados y no irradiados. Los hámsters se sacrificaron humanitariamente a los 20 días postinoculación con el objeto de encontrar parásitos adultos en su intestino. En los hámsters inoculados con metacestodos no irradiados se recuperaron *Taenia solium* desarrolladas con escolex y proglotidos inmaduros. Por otro lado en los intestinos de los hámsters inoculados con metacestodos de *Taenia solium* irradiados no hubo desarrollo o únicamente se observaron vestigios consistentes en escolex. Teniendo en cuenta lo anterior se concluye que una dosis de irradiación de 0.3 kGy, es más efectiva que la de 0.2 kGy para controlar el desarrollo del metacestodo de *Taenia solium*, por presentar un mayor margen de seguridad.

## AGRADECIMIENTOS

A todos mis Maestros.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Instituto de Investigaciones Biomédicas por las facilidades otorgadas y en especial al MVZ. Carlos Villagrán por los hámsters utilizados para este experimento.

Al Instituto de Ciencias Nucleares por su colaboración y a su Director el Dr. Marcos Rosenbaum Pittluck y al Fís. Epifanio Cruz Zaragoza por sus facilidades otorgadas para llevar a cabo las irradiaciones.

Al Organismo Internacional de Energía Atómica, del cual se obtuvo el financiamiento para el presente trabajo.

Al MVZ. Jaime Alonso Navarro Hernández su enorme colaboración con el trabajo Estadístico a sus comentarios y sugerencias para el mejoramiento del mismo.

Al MVZ. Miguel Ángel Martínez por la donación de los hámster para el desarrollo del presente trabajo.

A las autoridades de Zacatepec Morelos en especial al MVZ. Arturo López Benitez, por las muestras para llevar a cabo los ensayos experimentales.

Al Sr. Aureliano Torres García por la ayuda eficaz en el sacrificio de los cerdos y a la Sra. Carmen Zamora su apoyo para el material histológico del presente trabajo.

A la MVZ. Aline S. de Aluja por la paciencia, disciplina, enseñanza, pero sobre todo gracias por haber sembrado en mí el deseo de superación profesional constante y brindarme su amistad.

A la M.V.Z. Ada Nelly M. Villalobos por su invaluable colaboración en el presente trabajo y todos sus consejos, gracias por ser mi amiga.

A la Quím. Clelita Archundia De La Rosa por sus paciencia y sugerencias que sirvieron en todo momento para enriquecer el trabajo, gracias por ser mi amiga.

A Isabel Aguilar Arreola por su amistad y su participación en la revisión del manuscrito final:

Gracias.

Al Jurado :

Evangelina Romero Callejas  
Fernando Núñez Espinoza  
Norma Calderón Apodaca  
Luis Felipe Rodarte Cobarruvias  
Aline S. de Aluja

Por su tiempo dedicado a las revisiones de mi trabajo y sus atinadas sugerencias

En especial al M.V.Z. Fernando Núñez Espinoza por haberme brindado su valiosa ayuda y sugerencias en este trabajo. gracias por ser mi amigo

**Dedicatoria.**

**A mi Mamá:**

**María Elia Pérez Guerra.**

**Gracias por tu cariño y dedicación durante estos 22 años de vida , impulsándome desde mi más temprana edad a luchar y superarme en la vida.**

**Tus esfuerzos no fueron en vano mamacita**

**A mis hermanos : José Pablo y Cándida Lizbeth  
por su comprensión y apoyo**

**A Naza**

**Por tu apoyo desde pequeño y por ser mi segunda madre.**

**A mis abuelos**

**Cándida Guerra y Celerino Pérez**

**Por tener fe en mi y desde pequeño decirme que algún día sería alguien en la vida , por todos sus consejos y sugerencias que sirvieron par ser de mi alguien útil.**

**A mi familia**

**A mis amigos.**

**"A el hombre cuyo único destino es ser: Hombre de conocimiento".**

**Dedicatoria.**

A mi Mamá:

María Ella Pérez Guerra.

Gracias por tu cariño y dedicación durante estos 22 años de vida , impulsándome desde mi más temprana edad a luchar y superarme en la vida.

Tus esfuerzos no fueron en vano mamacita

A mis hermanos : José Pablo y Cándida Lizbeth  
por su comprensión y apoyo

A Naza

Por tu apoyo desde pequeño y por ser mi segunda madre.

A mis abuelos

Cándida Guerra y Celerino Pérez

Por tener fe en mí y desde pequeño decirme que algún día sería alguien en la vida , por todos sus consejos y sugerencias que sirvieron para ser de mí alguien útil.

A mi familia

A mis amigos.

"A el hombre cuyo único destino es ser: Hombre de conocimiento".

## ÍNDICE

	PAG.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	6
III. OBJETIVOS	7
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	8
Obtención de muestras	8
Irradiación	8
Pruebas de viabilidad	9
Pruebas de evaginación <i>in vitro</i> .	9
Ensayo biológico	10
Inspección de los intestinos	11
V. RESULTADOS	12
VI. DISCUSIÓN	14
VII. CONCLUSIONES	16
VIII. LITERATURA CITADA	17
APÉNDICE	22
Cuadros	23
Figuras	29

## I. INTRODUCCIÓN.

La transmisión de enfermedades infecciosas de origen parasitario y bacteriano al ser humano por una parte y la conservación de los alimentos tanto de origen animal y vegetal por otra, son problemas que causan hambre, enfermedades y muerte, para los cuales no se ha podido encontrar soluciones satisfactorias, especialmente en los países en vías de desarrollo, en donde los factores relacionados con la higiene en general, el suministro de agua, la inspección sanitaria y el transporte de los alimentos son deficientes. En estos países se ha calculado que las pérdidas de leguminosas y granos causadas por descomposición durante el almacenamiento, ascienden a un 10 % aproximadamente, con otros alimentos como verduras, frutas y carnes las pérdidas pueden alcanzar hasta un 50% <sup>19,37</sup>. En un mundo en el cual gran parte de la población sufre de desnutrición, tales pérdidas son intolerables.

Otro factor que causa enormes problemas con relación al suministro de alimentos de buena calidad, es el de las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA) en especial los de origen animal. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que este tipo de enfermedades representa una de las amenazas mayores para la salud humana y una causa importante de baja productividad económica <sup>19,37,38</sup>.

Para poder consumir alimentos que requieren de almacenamiento y conservación, los seres humanos han ideado múltiples sistemas desde tiempos inmemoriales para asegurar su inocuidad, entre los que pueden citarse el secado por la luz solar, el salado, la cocción, la fermentación, el ahumado, el enlatado, el congelamiento y la preservación química <sup>7,9</sup>. El método más reciente que se añade a esta lista es la irradiación, como ejemplo de este proceso se practica la exposición de los alimentos a dosis cuidadosamente controladas de radiación ionizante <sup>7,16,17,18,20</sup>.

Este método no ha sido completamente aceptado por los consumidores, debido a la falta de información, ya que se asocia la palabra irradiar con radiactividad y saltan a la mente las desgracias de la Isla de Tres Millas en Estados Unidos de Norte América y de Chernobil en Rusia.

La irradiación de alimentos utiliza una forma de energía, en especial, la de la radiación ionizante que fue descubierta en 1896 a la par que la radiactividad y sus radiaciones ionizantes asociadas, los rayos alfa, beta y gamma <sup>37</sup>.

De los primeros experimentos efectuados con microorganismos como las bacterias, se aprendió que la radiación ionizante las destruía. Años después, esas observaciones se aplicaron a la irradiación de alimentos, sobre todo cuando se industrializó la producción de los irradiadores con fuentes selladas de cesio 137 y de cobalto 60, que son isótopos radiactivos de los elementos estables cesio y cobalto, respectivamente <sup>16</sup>.

Actualmente, casi la totalidad de las plantas de irradiación a nivel mundial utilizan el cobalto 60. Investigaciones con esta nueva fuente de energía demostraron claramente que se disponía de una herramienta muy poderosa para combatir la pérdida de alimentos y para controlar enfermedades transmitidas a través de éstos <sup>17,34</sup>.

La irradiación de alimentos tiene dos grandes ventajas: aumenta el tiempo de vida de almacén en frutas, verduras y carnes irradiadas y es de enorme utilidad para controlar enfermedades transmitidas por la presencia de los agentes causales, tanto microorganismos como parásitos. Las desventajas que se citaron en tiempos pasados, se referían principalmente a cambios organolépticos <sup>10,13,22</sup>, en especial se ha informado de ello en el caso de huevos, leche y productos lácteos.

Actualmente se utiliza esta tecnología en 39 países, para conseguir diferentes efectos en una gran variedad de especias, alimentos, insectos y material quirúrgico <sup>10,12,14,17,18,19</sup>.

El gobierno mexicano en 1994 autoriza en " La Norma de Irradiación de Alimentos, Dosis Permitidas en Alimentos, Materias Primas y Aditivos Alimentarios" que el tratamiento de irradiación sea aplicado a frutos frescos y vegetales, cereales, especias, pollo fresco y carne de cerdo entre otros<sup>31</sup>.

La irradiación se emplea en México en forma comercial para esterilizar material quirúrgico y de uso médico como catgut, gasas, vendas etc.

En el campo del control de plagas, la tecnología de la irradiación en México se emplea desde hace varios años con éxito. El ejemplo más importante es la campaña contra el gusano barrenador, plaga que se pudo controlar por medio de la irradiación de las larvas de la mosca. La planta irradiadora que se instaló cerca de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, ha estado exportando larvas irradiadas y colaborando así con el control de la plaga en países tan lejanos como Libia.

En la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Nuñez en 1991 trabajó en carne de cerdo infectada con el metacestodo de la *Taenia solium* y encontró que la dosis letal para el metacestodo era de 7 kGy (')<sup>23</sup>. Posteriormente Aluja y Villalobos establecieron que la dosis (")<sup>5</sup> para evitar el desarrollo del metacestodo de *Taenia solium* es de 0.7 kGy, dosis que fue aceptada por los representantes del Organismo Internacional de Energía Atómica y de la Organización Panamericana de la Salud en una reunión de expertos en 1994 y recomendada al gobierno de México, como a otros países latinoamericanos<sup>17</sup>.

Al implantar la tecnología de la irradiación para los alimentos de origen animal, en especial carnes, pescados y mariscos, podrían controlarse varias enfermedades como: triquinosis, toxoplasmosis, cisticercosis y otras más todas de importancia en México. En muchos países asiáticos, enfermedades parasitarias transmitidas por consumir pescados y mariscos crudos se están controlando por medio de la

<sup>31</sup> Entendiéndose como dosis bajas de irradiación para alimentos las comprendidas entre 1 y 0.1 kGy<sup>36</sup>.

<sup>36</sup> El Gray (Gy) es el nombre específico de la unidad de dosis absorbida (D), que se define como el cociente de la energía impartida dE por la radiación ionizante a una materia de masa dm:  $D = dE / dm$ . Su unidad en el Sistema Internacional (SI), es de  $J kg^{-1}$ ; 1000 Gy equivalen aun kilo Gray (kGy).

En la práctica se usa todavía, a veces, la anterior unidad específica, el rad:  $rad = 10^{-2} J x kg^{-1}$ <sup>27</sup>.

irradiación <sup>16,34</sup>. Entre las enfermedades bacterianas más importantes figuran las causadas por: *Salmonella sp.*, *Campylobacter yeyuni*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* y *Vibrio cholerae* y *parahemolítico* <sup>10,11,12,25</sup>.

El costo de instalación de una planta de irradiación es alto y es un aspecto fundamental que debe tomarse en cuenta. Habría que hacer cálculos de costo beneficio, para saber si la erogación que hace el gobierno para cubrir los gastos hospitalarios y de atención médica, así como los días de trabajo perdidos por los enfermos, se compensarían, al introducir una tecnología que le ofrezca a la ciudadanía alimentos de óptima calidad sanitaria <sup>37</sup>.

Las zoonosis parasitarias causan grandes problemas para la salud de la población humana, en especial cuando se carece de condiciones de higiene adecuadas, lo que ocurre en países denominados en vías de desarrollo <sup>2,6,24</sup>.

En México, una de las zoonosis parasitarias que afecta tanto a los cerdos como a los seres humanos es la teniasis cisticercosis provocada por *Taenia solium*. Se caracteriza por ser una de las pocas zoonosis cuya propagación depende exclusivamente del ser humano con deficiencias higiénicas por lo que favorecen su transmisión <sup>24,26</sup>.

Cuando un portador de tenia defeca al ras del suelo en el medio rural donde los cerdos andan sueltos buscando su comida, estos animales al ingerir la materia fecal con segmentos de tenia y/o huevos, desarrollarán el metacestodo conocido como *Cysticercus cellulosae*. Este parásito ha recibido distintas denominaciones, tales como: tomate, granillo, tomatillo, arroz, granizo y zahuate, por mencionar algunas, dependiendo de la región geográfica del país. Si el ser humano a su vez ingiere carne con cisticercos, desarrollará la tenia completando así el ciclo parasitario. El peligro de esta enfermedad radica en que el ser humano también puede ser huésped intermediario y en éste, el metacestodo se aloja principalmente en el encéfalo manifestándose como neurocisticercosis <sup>2,6,26,28,30</sup>.

En México se refiere que el 20% de los pacientes que ingresan a los hospitales de neurología padecen de neurocisticercosis, calculándose que el costo del cuidado médico de un paciente es equivalente a más de 5000 dólares <sup>3,4</sup>.

Existen diversos factores, siendo la falta de inspección sanitaria, el clandestinaje y la corrupción los principales, por los que se desconoce el número de cerdos infectados con el metacestodo. Existen algunos datos de los años 1980-1990, pero no se ha establecido un plan efectivo para darles seguimiento y actualizarlos <sup>6,8,30</sup>.

Las pérdidas económicas de esta parasitosis en México las estimó Acevedo en 1980, ascendiendo a 43 millones de dólares <sup>1</sup>.

Actualmente el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, establece que las canales infectadas deberán ser decomisadas y destruidas, lo que acentúa su impacto económico <sup>32</sup>.

Es importante destacar que en países europeos a principios del siglo XX, se logró controlar la enfermedad y prácticamente es inexistente, al emplear medidas higiénicas (excusados) e inspección sanitaria adecuada <sup>4</sup>.

En los Estados Unidos de Norteamérica la enfermedad ya era casi desconocida, pero en años recientes se han presentado casos, probablemente por los trabajadores migratorios con hábitos poco higiénicos <sup>4,29</sup>.

En vista de todo lo anterior y con el fin de comprobar si una dosis más baja que la de 0.7 kGy podría lograr una inhibición del desarrollo de la *Taenia solium* a partir del metacestodo, se planteó el siguiente trabajo de investigación.

## II. HIPÓTESIS

Una dosis de irradiación gamma Co 60 de 0.3 kGy aplicada sobre la carne de cerdo infectada con el metacestodo de *Taenia solium*, es capaz de evitar su desarrollo a parásito adulto.

### III. OBJETIVO GENERAL.

Contribuir al control del metacestodo de *T. solium* mediante el uso de la tecnología de irradiación

### OBJETIVO ESPECIFICO

Valorar dosis de radiación gamma provenientes del Co 60 menores a 0.7 kGy sobre el metacestodo de *T. solium* en carne de cerdo infectada de forma natural.

### OBJETIVOS METODOLÓGICOS <sup>33</sup>.

1. Aplicar dosis bajas de radiación gamma de 0.3 y 0.2 kGy sobre el metacestodo de *T. solium*.
2. Efectuar pruebas de evaginación *in vitro* para evaluar la viabilidad del metacestodo irradiado de *T. solium*.
3. Efectuar pruebas biológicas en hámsters para observar el crecimiento a *T. solium* a partir de metacestodos irradiados.
4. Efectuar tinciones histológicas con el fin de observar posibles cambios estructurales entre los metacestodos irradiados y no irradiados, y también de las tenias recuperadas de los intestinos del hámsters.

#### **IV. MATERIAL Y MÉTODOS.**

##### **OBTENCIÓN DE MUESTRAS.**

De diferentes rastros se obtuvo carne de 12 cerdos infectados en forma natural con el metacestodo de *T. solium*. Se separaron las dos espaldillas de cada animal, con un peso aproximado de 3 kg., las que se trasladaron a las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM bajo condiciones de refrigeración. Una de las espaldillas de cada animal se irradia, la otra sirvió como testigo.

De los doce cerdos se formaron dos grupos el grupo A de 7 animales y el grupo B de 5 animales.

Una espaldilla de cada uno de los 7 animales se irradia con una dosis de 0.3 kGy quedando la otra como testigo (no irradiada).

Una espaldilla de cada uno de los 5 animales se irradia con una dosis de 0.2 kGy quedando la otra como testigo.

Los procedimientos que a continuación se describen se llevaron al cabo en las espaldillas de cada animal.

##### **IRRADIACIÓN.**

Este proceso se llevó al cabo en una fuente de irradiación gamma que emplea cobalto-60. Este irradiador construido en Canadá es el Gammabeam 651 PT, el cual está instalado en el Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, en un edificio propio que reúne todas las condiciones de seguridad radiológica para efectuar, sin riesgo, todos los procesos de irradiación, con licenciamiento de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

Se siguió en la etapa de irradiación lo descrito por Núñez<sup>23</sup>.

Es necesario destacar que cada dosis requirió de tiempos de irradiación diferentes, debido al decaimiento del Co 60 . Las muestras fueron colocadas en una misma posición y sólo varió el tiempo de irradiación. Esa ubicación exacta respecto a la fuente de irradiación correspondió a un lugar específico del cuarto de irradiación, determinado por las evaluaciones dosimétricas efectuadas por el encargado de la Seguridad Radiológica del Instituto de Ciencias Nucleares <sup>39</sup>.

**Ubicación de la muestra:** La muestra se colocó a 40 cm de distancia del vértice de la fuente de irradiación y a 36 cm de altura con respecto al piso, el soporte de la muestra fue una base giratoria, para que la dosis aplicada fuera lo más homogénea posible.

La muestra a irradiar se introdujo en una bolsa de polietileno color negro y a su vez en una caja de cartón, la cual se colocó sobre la base giratoria. (figura 1).

La ubicación de la muestra y las condiciones de almacenamiento de la misma permanecieron constantes en todas las sesiones de irradiación, con el objeto de no tener una variación que afectara los resultados de la investigación.

## **PRUEBAS DE VIABILIDAD**

De cada una de las espaldillas irradiadas y de las no irradiadas se obtuvieron 100 metacestodos de *T. solium* en estado vesicular, mediante una disección cuidadosa de las masas musculares extrayendo las larvas con pinzas y bisturí.

### **Prueba de evaginación *in vitro***

A esta prueba fueron sometidos una cantidad de 40 metacestodos irradiados y no irradiados seleccionados al azar. Se introdujeron por separado en dos cajas de Petri con 16 ml de una solución que contenía 25% de bilis de cerdo en medio de cultivo RPMI 1640 al 1.4%, cuya composición es: dextrosa al 0.4%, bicarbonato de sodio al 0.2% y agua destilada 98.36%. Se incubaron a una temperatura de

37 °C en una estufa durante 12 horas. Después de ese tiempo, se efectuó el conteo de metacestodos evaginados. Se consideraron como evaginados aquellos que tuvieron una distensión completa del cuello y cuyo escolex presentó ganchos y ventosas visibles.

Los datos obtenidos de los conteos se registraron para su análisis estadístico, consistente en intervalos de confianza del 95% <sup>35</sup>.

De los 60 metacestodos restantes de cada uno de los grupos (A y B), se destinaron 20 de cada grupo para inoculación en hámster y 4 para elaborar tinciones histológicas con Azul de toluidina y Hematoxilina-Eosina <sup>15,21</sup>. Los 36 metacestodos restantes de cada grupo se conservaron almacenados en formol al 10%.

### **Ensayo Biológico.**

El ensayo biológico se llevó a cabo de la siguiente manera:

1.- Selección de metacestodos: Aleatoriamente se formaron con los 20 metacestodos de los dos grupos A y B, 4 subgrupos, que tenían cada uno 5 metacestodos de *T. solium* en estado vesicular.

2.- Grupo experimental: Se formaron lotes de 8 hámsters dorados (*Mesocricetus auratus*) de 6 a 12 semanas de edad, machos y hembras, que se dividieron en dos grupos de 4 hámsters cada uno, que denominaremos grupo 1 y grupo 2.

Previo a la inoculación por vía oral con 5 metacestodos irradiados (grupo 1) y no irradiados (grupo 2), estos hámsters se inmunodeprimieron con 4 mg de acetato de metil prednisolona (°), en una sola aplicación por vía intramuscular. Después los hámsters se separaron en cajas de acrílico, depositándose 4 por caja y se identificaron como grupo 1 (irradiado) y 2 (no irradiado).

---

° laboratorios Upjhon

Los hámsters se encontraron bajo condiciones controladas de ambiente, nutrición y manejo durante un período de 20 días a partir de ser inoculados.

3.- Eutanasia: Al concluir el periodo de 20 días los hámsters se sacrificaron humanitariamente introduciéndolos a una cámara de CO<sub>2</sub>.

Se efectuó la necropsia y se extrajeron los intestinos.

### **INSPECCIÓN DE LOS INTESTINOS.**

Los intestinos y su contenido se colocaron en cajas de Petri y sobre un fondo oscuro se les practicó un corte longitudinal que permitió examinar la mucosa intestinal.

Cuando no se encontró macroscópicamente ningún parásito, se realizó la inspección en el microscopio estereoscópico.

Los parásitos que se obtuvieron en forma completa se midieron y se colectaron en formol al 10%, algunos de ellos se sometieron a un proceso de tinción histológica para su observación microscópica<sup>15,21</sup>.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a la prueba estadística de intervalos de confianza del 95% , y se compararon los dos métodos mencionados mediante la prueba anterior<sup>35</sup>.

## V. RESULTADOS:

### **Prueba de evaginación *in vitro***

Los resultados obtenidos en las pruebas de evaginación *in vitro* de metacestodos de *T. solium* de testigos e irradiados con 0.3 kGy y 0.2 kGy se muestran en el cuadro 1.

A partir del total de metacestodos evaginados en cada uno de los grupos formados, se calcularon intervalos de confianza para la diferencia entre dos proporciones, donde se observa que la proporción de metacestodos evaginados en el grupo testigo fue mayor que en el grupo irradiado con 0.3 kGy, 40.65% contra 31.071%, respectivamente ( $P=0.0044$ ). Asimismo, se encontró que tanto entre el grupo testigo como en los irradiados con 0.2 kGy y también entre los grupos tratados con 0.2 kGy y 0.3 kGy no se observaron diferencias estadísticas significativas  $P=0.2951$  y  $P=0.05414$ , respectivamente (cuadro 2).

### **Ensayo biológico.**

En los hámsters que se inocularon con metacestodos sometidos a dosis de 0.3 kGy y 0.2 kGy, solo se encontraron escolex o vestigios "cabecitas de alfiler", que son estructuras que miden menos de 3 mm y presentan rostelo, corona de ganchos y ventosas. El número máximo de estas estructuras encontradas en el intestino de un hámster fue de 4, en un animal que ingirió 5 metacestodos irradiados con 0.2 kGy.

No se recuperaron tenias en ninguno de los animales (figura 2).

En los hámsters que fueron inoculados con metacestodos no irradiados se recuperaron tenias desarrolladas, éstas son estructuras que tienen escolex con ventosas, rostelo, ganchos largos y cortos, estrobilo con proglótidos. No se observaron proglótidos grávidos maduros en ninguna tenia. Las medidas de las tenias recuperadas fueron de 0.2 a 21 cm de largo y el número máximo de estas en un hámster inoculado con 5 metacestodos fue de 5 (cuadro 3, figura 3).

La proporción de tenias desarrolladas en el grupo testigo fue de 34.21% a 46.63% con un intervalo de confianza del 95%, en tanto que los metacestodos irradiados no se desarrollaron a tenias, y únicamente se encontraron escolex, presentando un mayor margen de seguridad la dosis de 0.3 kGy  $P=0.005$  (cuadro 4).

La comparación estadística entre la prueba de evaginación *in vitro* y la prueba biológica, mostró una diferencia significativa entre el número de metacestodos evaginados irradiados y el número de escolex encontrados en los intestinos. Las dos pruebas coinciden en el número de metacestodos evaginados y tenias desarrolladas en el grupo testigo (cuadro 5).

Los resultados de la observación de las distintas tinciones llevadas a cabo en los metacestodos de *T. solium* tanto irradiados y no irradiados indican que no hay diferencias estructurales en su observación al microscopio. (cuadro 6)

Las tinciones hechas de los escolex y tenias indican que estas últimas nunca llegaron a su madurez.

## VI. DISCUSIÓN.

Basados en los resultados obtenidos por Aluja y colaboradores el Organismo Internacional de Energía Atómica había recomendado una dosis de 0.7 kGy, como satisfactoria para inhibir el crecimiento de la *T. solium* en el intestino del ser humano<sup>17</sup>.

Geerts y colaboradores en 1989, establecieron 0.3 kGy para inhibir el crecimiento de *T. saginata*. Para demostrar la no infectividad de los metacestodos irradiados ellos ingirieron algunos irradiados con 0.4 kGy, con el resultado de que ninguno creció en sus intestinos<sup>19, 23</sup>.

En este trabajo la dosis que se recomienda es de 0.3 kGy, ya que se obtuvo una  $P=0.005$  y presenta un mayor margen de seguridad que la dosis de irradiación de 0.2 kGy, pues con esta última dosis se observó el mismo efecto en la evaginación *in vitro* que cuando no se irradió.

El hecho de que en algunos hámsters no hubo desarrollo de tenias o de cabezas de afiler, después de la administración de larvas irradiadas y no irradiadas, podría deberse a que los metacestodos colectados de los cerdos no eran ya muy infectivos, o que los hámsters difieren en su grado de susceptibilidad a la infección.

En este estudio se confirma lo señalado por otros, autores a cerca de que los metacestodos irradiados conservan la capacidad de evaginar, aún cuando ya no crecen en el intestino del hámster<sup>6,23</sup>.

La dosis de 0.3 kGy presumiblemente no provocaría alteraciones en el sabor, olor y calidad nutritiva, ya que existen estudios donde Plough encontró que la carne de cerdo irradiada hasta con 30 kGy es considerada satisfactoria. Por otro lado, Núñez en 1991 concluye que una dosis de 7 kGy no causó cambios organolépticos para un grupo de degustadores profesionales<sup>23</sup>.

El consumo de carne irradiada podría fomentarse en la población ya que existen estudios donde Hashim en 1995, logró modificar la conducta del consumidor al informarlo de las ventajas de los productos irradiados, específicamente carne de pollo, logrando su aceptación. Un estudio similar lo realizó Plough en carne de cerdo donde también logró la aceptación de la carne irradiada <sup>13,23</sup>.

## VII. CONCLUSIONES.

Se recomienda una dosis de 0.3 kGy como efectiva para evitar el desarrollo del metacestodo de la *T. solium* a su estado de parásito adulto.

Tanto el método de evaginación *in vitro* como el método de prueba biológica coinciden en que la dosis más recomendable es 0.3 kGy en comparación con una dosis de 0.2 kGy.

**VIII. LITERATURA CITADA.**

1. Acevedo, H. A.: Economic impact of porcine cysticercosis in: Cysticercosis present state of knowledge and perspectives. Ed by: Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P., Larralde, C., Ridaura, C. and Beltrán, F., 63-68, Academic Press, New York, 1982.
2. Acha, P. y Szyfres, B.: Zoonosis y Enfermedades transmisibles comunes al hombre y los animales. 2a ed. OPS/OMS, 1986.
3. Albores, J. y Altamirano, M.: Algunas consideraciones sobre 9412 autopsias realizadas en el Hospital General de México. Gac. Med. Mex. **102**: 193 (1971).
4. Aluja, A.S. de, Escobar, A., Escobedo, F., Flisser, A., Laclette, J. P., Larralde, C., Madrazo, I., Velázquez, V. y Willms, K.: Cisticercosis una Recopilación Actualizada de los Conocimientos Básicos para el Manejo y Control de la Cisticercosis causada por Taenia solium, la ed. , Biblioteca de la Salud, Fondo de Cultura económica e Instituto Nacional de Salud Pública, México, D.F., 1987.
5. Aluja, A.S. de, Nuñez, J. F. y Villalobos, A.N.: Efecto de la irradiación gamma Co 60 sobre el metacestodo de Taenia solium . Vet. Méx. **24**: 297-301, (1993):
6. Aluja, A.S. de.: Frequency of porcine cysticercosis in Mexico. In: Cysticercosis: Present State of Knowledge and Perspectives. Ed . by : Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P, Larralde , C. Ridaura, C: and Beltrán , F., pp. 53- 62, Academic Press, New York, 1982.
7. Aluja, A.S. de,: El uso de la Energía Atómica para el control de enfermedades infecciosas , Vet. Méx. **22**: 310-313, (1991)
8. Avilés, B. P.: Situación de la cisticercosis en México en el periodo de 1974 a 1978. Tesis de licenciatura . Fac. de Med. Vet. y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., 1980.

9. Dario, A.C. and Salgado, J.M. : Effect of thermal treatments on the chemical and biological value of the irradiated cowpea bean, *Plant Foods Hum Nutr.* **46**: 181-186 (1994).
10. Farag, S. E., Aziz, N. H. and Attia, E. S.: Effect of irradiation on the microbiological status and flavouring material of selected spices . *Z Lebensm Unters Forsch.* **201** : 283-288 (1995).
11. Farkas, J., Andrassy, E., Meszaros, L. and Banati, D.: Growth of untreated and radiation damaged *Listeria* as affected by environmental Factors. *Acta Microbiol Immunol Hung.* **42**: 19-28, (1995).
12. Food and Agricultural Organization on the united Nations, International Atomic Energy Agency and World Health Organization: Task Force Meeting on the use of irradiation to ensure hygienic quality of food . *W H O*, Geneva, Switzerland, 1987.
13. Hashim, I. B., Resurrección, A.V. and McWatters, K. H.: Consumer acceptance of irradiated poultry. *Poultry Sci.* **74**: 1287- 1294, (1995).
14. Hooshmand, H. and Klopfenstien, C. F.: Effects of gamma irradiation on mycotoxin disappearance and amino acid contents of corn, wheat, and soybeans with different moisture contents, *Plant Foods Hum Nutr.* **47**: 227-238 (1995).
15. Humanson, G.L.: Animal Tissue Techniques, 1a edición, *W.H Freeman and Company.* EUA 1962
16. International Atomic Energy Agency : Applications of Nuclear Techniques. IAEA Yearbook, part B, *International Atomic Energy Agency* , Vienna, Austria, 1989
17. International Atomic Energy Agency : List of Clearance , (as of 1991-09-19), *Supplement to Food Irradiation Newsletter.* **15**: 1-15, 1991.

18. International Atomic Energy Agency: New Clarences of Irradiated food. Food Irradiation Newsletter, 19: 61-65, (1995).
19. International Atomic Energy Agency: Workshop on the use of irradiation to ensure hygienic quality of food, Wageningen, The Netherlands, 14-25 March , 1988. Food Irradiation Newsletter, 13: 24-33, 1989
20. Lee, P.R.: From the Assistant Secretary of Health , US Public Health Service . JAMA, 272: 261, 1994.
21. Luna, G.L.: Manual of histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology, 3 rd ed, McGraw-Hill, EUA, 1968.
22. Muller, R. and Theobald, R.: Detection of enzyme activity in decontaminated spices in industrial use. Z. Lebensm Unters Forsch. 200: 203-208, (1995).
23. Núñez , J.F.: Efecto letal de la irradiación gamma sobre el metacestodo de la *Taenia solium* en carne de cerdo. Tesis de Maestría. Fac. Med. Vet y Zoot. Universidad Nacional Autonoma de México. México, D.F., 1991.
24. Organización Panamericana de Salud y Organismo Internacional de Energía Atómica: Consulta Técnica Conjunta FAO /AIEA/OMS sobre el uso de irradiación como medida de intervención de Salud Publica para el control de las enfermedades transmitidas por alimentos en Latino America y el Caribe. FAO/AIEA/OMS. 19-20 Octubre 1992, Washington, D.C. USA.
25. Patterson, M.F.: Sensitivity of Campylobacter spp. to irradiation in poltry meat . Lett Appl Microbiol. 20: 338-340, (1995).
26. Quiroz, R. H.: Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos. Limusa, México, D.F., 1984.
27. Sarti, E.: Epidemiología de la teniasis /Cisticercosis en ; Cisticercosis humana y porcina. Su conocimiento e investigación en México. Ed. por : Flisser, A. y

- Malagón, F., 233-240, la ed, CONACYT, Noriega Editores, Limusa. México, D.F., 1989.
28. Safety Series No.76, Radiation Protection Glossary, International Atomic Energy Agency, Viena 1986.
29. Schantz, P. M., Moore, A. C. and Muñoz, M. D.: Neurocysticercosis in an orthodox community in New York City. New Engl. J. Med. **327**: 10, 692-695 (1992).
30. Schenone, H.: Epidemiology of human cysticercosis in Latin America. In: Cysticercosis: Present State of Knowledge and Perspectives. Ed. By : Flisser, A., Willms, K., Lacleste, J.P, Larralde, C., Ridaura, C. and Beltrán, F., 63-68 Academic Press, New York, 1982.
31. Secretaria de Salud. Norma de Irradiación de Alimentos y Dosis Permitidas en Alimentos, Materias Primas y Aditivos Alimentarios, (Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 23 de marzo de 1994).
32. Secretaria de Salud. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios, (Publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 18 de enero de 1988).
33. Tamayo, T.M.: El proceso de la investigación científica, 3a ed, Limusa. México, D.F., 1995.
34. UNDP/FAO/IAEA Workshop on Public Information on Food Irradiation, Bangkok, Thailand, 27-31 March, 1991. Food Irradiation Newsletter, **15**: 26-32, 1991.
35. Walpole R. E, Myers, R. H.: Probabilidad y Estadística, 4a ed, McGrawhill, México, D.F., 1992.

36. Walter, M.V.: Food Irradiation, 2 a ed , Academic press, Orlando, Florida, EUA. 1986.
37. World Health Organization: Food Irradiation, A Techniques for Preserving and Improving the Safety of Food. *WHO*, Geneva, Switzerland, 1988.
38. World Health Organization : Technical Report Series No. 705, 1984
39. Zaragoza, E.C.: Sistema de Seguridad y dosis del irradiador Gamma de la UNAM, V Congreso Anual de la Soc. Mexicana de Seguridad Radiologica IPN, 1994, 217-221 México, D.F., ( 1994).

**APENDICE**

## CUADRO 1

EVAGINACION *IN VITRO* DE METACESTODOS DE *T. SOLIUM*  
 PROVENIENTES DE ESPALDILLAS DE 12 CERDOS IRRADIADOS CON 0.3  
 kGy Y 0.2 kGy Y TESTIGOS

CERDO No.	DOSIS DE IRRADIACION (kGy)					
	0.0 (TESTIGOS)		0.2		0.3	
	EVAGINADOS *	%	EVAGINADOS *	%	EVAGINADOS *	%
1	13	32.5			17	42.5
2	10	25			6	15
3	30	75			26	65
4	7	17.5			3	7.5
5	9	22.5			9	22.5
6	28	70			15	37.5
7	16	40			11	27.5
8	10	25	2	5		
9	37	92.5	40	100		
10	8	20	16	40		
11	1	2.5	1	2.5		
12	18	90	10	50		

\*metacestodos utilizados para la prueba de evaginación por cada cerdo; n=40  
 excepto el caso No.12 (n=20).

## CUADRO 2

ESTADÍSTICAS Y COMPARACIÓN DE LA PRUEBA DE EVAGINACIÓN *in vitro*  
ENTRE GRUPOS DE METACESTODOS IRRADIADOS CON 0.3kGy Y 0.2 kGy Y  
TESTIGOS.

GRUPO	Dosis de irradiación		
	0.0 kGy(Testigo)	0.3 kGy	0.2 kGy
n	460	280	180
x	187	87	69
$\hat{p} =$	0.4065	0.31071	0.3833
IC(1)	(0.3616 - 0.4514)	(0.2565 - 0.3649)	(0.3123 - 0.4544)
Comparación	IC (2)	Estadístico de Prueba	Valor P
Testigo vs 0.3 kGy	(0,0254, 0.1662)	2.618	0.0044
Testigo vs 0.2 kGy	(-0.0608, 0.1072)	0.5384	0.2951
0.3 kGy vs 0.2 kGy	(-0.162, 0.0167)	1.606	0.0541

n = Número total de metacestodos.

x = Número total de metacestodos evaginados.

$\hat{p}$  = Proporción muestral estimada.

IC(1) = Intervalo de confianza del 95% para la proporción poblacional  $\Pi$ .

IC(2)= Intervalo de confianza del 95% para la diferencia entre dos proporciones  
poblacionales  $\Pi_1 - \Pi_2$

**CUADRO 3**  
**ESCOLEX (VESTIGIOS) Y TENIAS RECUPERADAS DE LOS INTESTINOS DE**  
**CADA HAMSTER A LOS 20 DIAS DE INOCULACIÓN.**

CERDO	DOSIS kGy.	IRRADIADOS					TESTIGOS				
		H1	H2	H3	H4	T*E	H1	H2	H3	H4	T*T
1	0.3	1	1	0	3	5/20	1	1	3	3	8/20
2	0.3	1	0	2	1	4/20	2	2	5	4	13/20
3	0.3	0	0	0	0	0/20	0	4	0	3	7/20
4	0.3	0	0	0	0	0/20	0	0	0	0	0/20
5	0.3	2	2	0	0	4/20	2	3	0	0	5/20
6	0.3	0	1	1	0	2/20	3	2	2	4	11/20
7	0.3	0	1	0	0	1/20	2	1	2	0	5/20
8	0.2	0	1	2	1	4/20	2	0	2	1	5/20
9	0.2	2	1	0	0	3/20	5	3	1	4	13/20
10	0.2	2	1	1	0	4/20	4	5	4	5	18/20
11	0.2	1	1	0	0	2/20	0	3	1	0	4/20
12	0.2	3	2	2	4	11/20	3	2	3	0	8/20

LOS VALORES QUE SE REGISTRAN CORRESPONDEN AL CRECIMIENTO DE 5 METACESTODOS INOCULADOS A CADA HAMSTER.

Donde:

H = Hámster.

T\* = Total.

E = Escolex.

T = Tenias.

## CUADRO 4

RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE TENIAS DESARROLLADAS DEL GRUPO  
TESTIGO Y ESCOLEX OBTENIDOS A PARTIR DE METACESTODOS  
IRRADIADOS CON 0.2 kGy Y 0.3 kGy.

	TESTIGO	0.2kGy	0.3kGy
$\hat{p} =$	0.4042	0.24	0.1143
IC $P=0.95$	(0.3421, 0.4663)	-----	-----
IC $P_{1-P2}$		(0.0268 , 0.2246)	
Z $P_{1-P2}$ bilat $\alpha=0.05$		Z=2.516 > 1.96 P=0.005	

Donde:

$\hat{p}$  = Proporción

IC = Intervalo de confianza.

Z = prueba de Z.

P = Probabilidad.

## CUADRO 5

COMPARACIÓN ENTRE LA PRUEBA DE EVAGINACIÓN *IN VITRO* Y LA PRUEBA BIOLÓGICA, TOMANDO EN CUENTA EL NÚMERO DE METACESTODOS EVAGINADOS Y EL CRECIMIENTO DE TENIAS (TESTIGOS), VESTIGIOS O ESCOLEX (GRUPO IRRADIADO 0.3KGy Y 0.2 kGy).

	TESTIGO		0.2 kGy		0.3 kGy	
PRUEBA	EVAGINACIÓN. <i>in vitro</i>	P.BIOLO	EVAGINAC <i>in vitro</i>	P.BIOLO	EVAGINAC <i>in vitro</i>	P.BIOLO
n	460	240	180	100	280	140
X	187	97*	69	24**	87	16**
$\hat{p} =$	0.4065	0.4042	0.3833	0.24	0.31071	0.1143
IC <sub>Pi-Pj 0.95</sub>	(-0.07426	0.07897)	(0.03355	0.2531)	(0.1208	0.272)
Z <sub>Pi-Pj α/2</sub>	Z=0.060 P=0.47608		Z=2.44 P=0.0073		Z=4.411 P=0.000	

Donde:

n = Número total de metacestodos.

x = Número de metacestodos evaginados.

$\hat{p}$  = Proporción.

IC= Intervalo de confianza.

Z = Prueba de z.

\* Tenias.

\*\* Escolex.

P = Probabilidad.

**CUADRO 6**

GENERALIDADES DE LAS TENIAS Y ESCOLEX ENCONTRADAS EN LOS INTESTINOS DE HÁMSTERS INOCULADOS CON METACESTODOS NO IRRADIADOS E IRRADIADOS RESPECTIVAMENTE, 20 DÍAS POST-INOCULACIÓN.

<b>ESTRUCTURAS</b>	<b>TESTIGOS TENIAS</b>	<b>IRRADIADOS ESCOLEX</b>
<b>ESCOLEX: ROSTELO CORONA DE GANCHOS VENTOSAS</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>ESTRÓBILO PROGLÓTIDOS INMADUROS.</b>	<b>X</b>	

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

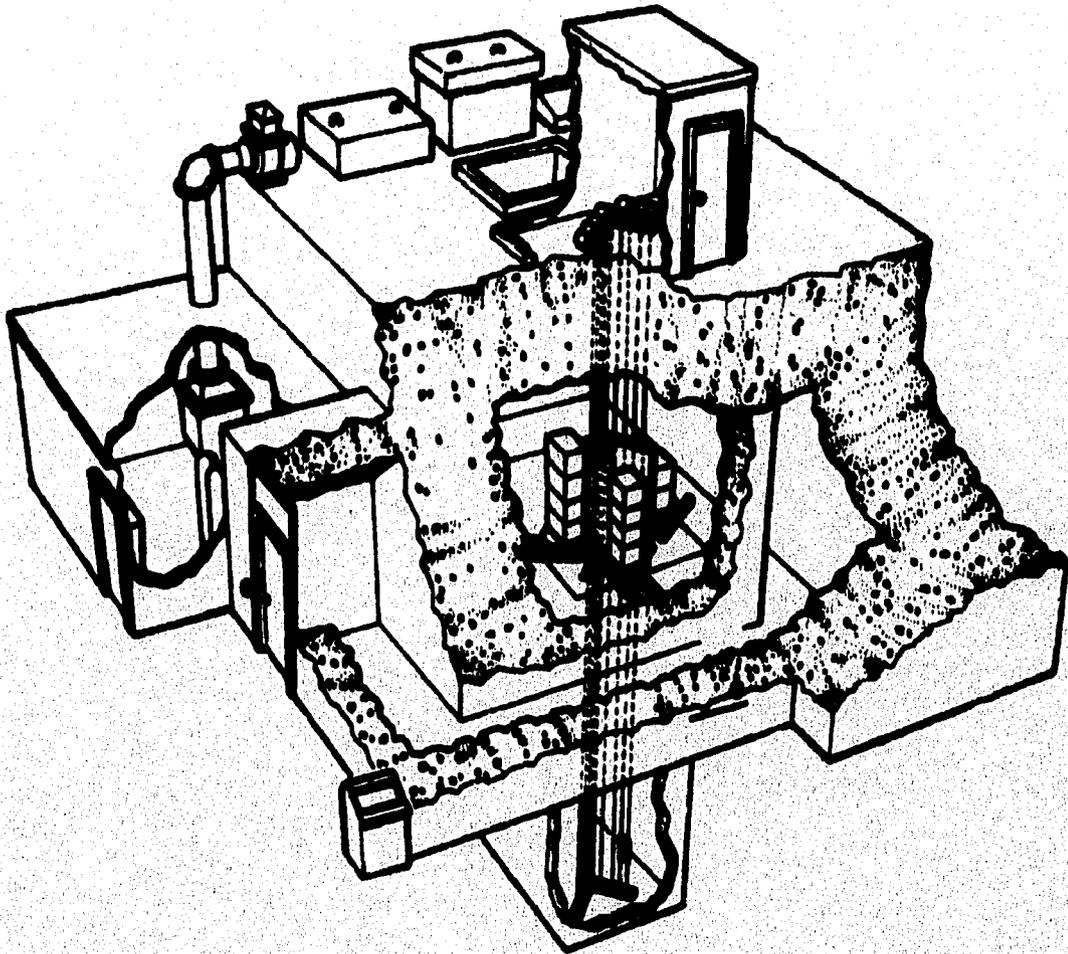


Figura 1. Esquema del Irradiador Gammabein 651 PT Co -60

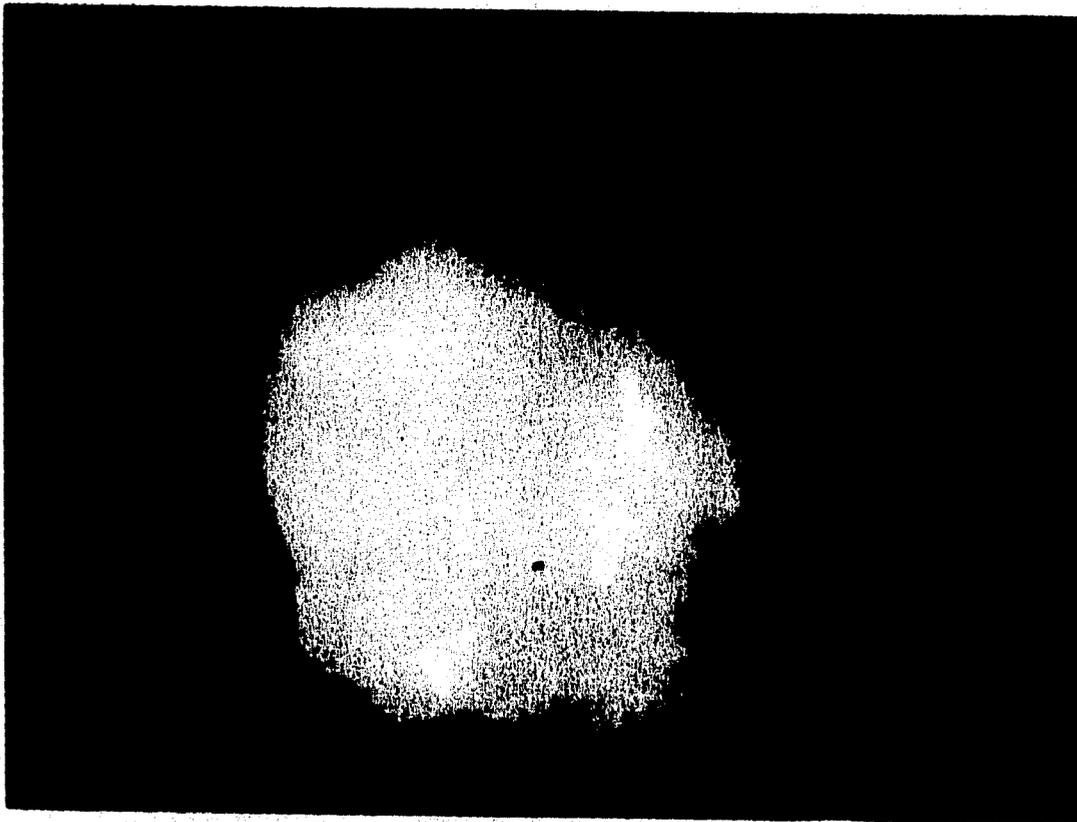


Figura 2. Escolex encontrado en el intestino de hámster, 20 días después de haberle administrado por vía oral metacestodos de *Taenia solium*, irradiados con 0.2 kGy.