



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTILAN

"LOS PARASITOS COMO INDICES DE  
CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES  
PARA EL RIEGO AGRICOLA".

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**Química Farmacéutica Bióloga**

PRESENTA

*María de los Angeles Sarmiento  
Sarmiento*

Dir. de Tesis: Q.F.B. JUANA E. CORTES MUÑOZ  
Ase. de Tesis: M.V.Z. PABLO MARTINEZ LABAT



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

## INDICE

RESUMEN . . . . .	1
INDICE DE FOTOGRAFIAS . . . . .	3
INDICE DE LAMINAS . . . . .	4
INDICE DE CUADROS . . . . .	7
GLOSARIO DE TERMINOS . . . . .	8
INTRODUCCION . . . . .	9
OBJETIVOS . . . . .	10
1 ANTECEDENTES . . . . .	11
1.1 Tipos de aguas . . . . .	11
1.2 Estudios de caracterización microbiológica de aguas residuales . . . . .	12
1.3 Indicadores de calidad microbiológica del agua . . . . .	15
1.4 Ciclos biológicos de parásitos recuperados en aguas residuales . . . . .	19
1.5 Lineamientos de calidad de agua para la agricultura y riesgos potenciales a la salud . . . . .	29
2 MATERIAL Y METODOS . . . . .	37
2.1 Zona de estudio . . . . .	37
2.2 Estaciones de muestreo . . . . .	39
2.3 Trabajo de campo . . . . .	41
2.4 Trabajo de laboratorio . . . . .	41
2.5 Identificación de agentes infecciosos . . . . .	43
2.6 Cálculo de agentes infecciosos . . . . .	43
3 RESULTADOS . . . . .	45
4 DISCUSION . . . . .	85
5 CONCLUSIONES . . . . .	88
REFERENCIAS . . . . .	89

## RESUMEN

El uso de aguas residuales crudas o mezcladas en el riego de superficies agrícolas, se practica desde hace tiempo en varios países del mundo, sobre todo en zonas áridas donde existen problemas por el abastecimiento de agua para usos urbanos, industriales y agrícolas.

En México, existen cincuenta y tres zonas agrícolas que utilizan aguas residuales en el riego de cultivos; sin embargo, a pesar del conocimiento de los riesgos que representa para la salud por la diseminación de quistes de protozoarios y huevos de helmintos no evalúan la calidad parasitológica del agua; además en el país, no existen lineamientos de calidad de estos agentes infecciosos, pero aún cuando la evaluación bacteriológica esté dentro de los lineamientos de calidad de aguas propuestos por la Norma Oficial Mexicana o por el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua pueden estar presentes quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos.

Por lo anterior el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua realizó un estudio de caracterización de aguas residuales que son utilizadas en el riego de cultivos, mediante la identificación de quistes de protozoarios y huevos de helmintos, además se propone a éstos agentes infecciosos como indicadores de calidad microbiológica de aguas residuales y demostrar que existe remoción de éstos cuando el agua pasa a través de presas y canales de riego.

Los conceptos básicos del presente trabajo surgieron de la Subcoordinación de Investigación de Calidad del Agua del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, mismo laboratorio donde fue realizada la parte experimental con aseoría técnica del Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este estudio fue realizado en el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante el período de marzo a diciembre de 1987, fueron analizadas 114 muestras de agua residual. Las muestras fueron concentradas haciéndolas pasar a través de un filtro de arena y analizadas por técnicas coproparasitológicas de concentración de Faust y de Ritchie (11,12).

En las muestras de agua se encontró una gran variedad de géneros de quistes de protozoarios y de huevos de helmintos parásitos de origen humano y animal tales como: Entamoeba, Giardia, Fasciola, Taenia, Trichuris, Enterobius, Ascaris, Toxocara, Toxascaris, Capillaria, Macracanthorhynchus, Orden Strongyloidea y nemátodos no identificados.

El 92% de las muestras de agua analizadas fueron positivas a quistes de protozoarios y huevos de helmintos. Los protozoarios que se presentaron con mayor frecuencia: Entamoeba histolytica 67%, Giardia spp. 64.7% y Entamoeba coli 59%; en tanto que del grupo de nematelmintos el más frecuente fue Ascaris spp. 64.7%. y de platelmintos Fasciola hepatica 37.5%.

En este Distrito de Riego, las aguas que emplean en la irrigación de cultivos no son tratadas; sin embargo aprovechando la infraestructura hidroagrícola del Distrito la mayor parte de los agentes infecciosos presentes son removidos hasta el cien por ciento al final sistema de presas; en tanto que en el sistema de canales de riego la remoción no es tan alta por motivos que se tratan en otro capítulo.

Ante todo esto, mediante la identificación y cuantificación de quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos se logra una mejor evaluación de la calidad microbiológica de aguas residuales que se usan en el riego de cultivos, además haciendo uso de la infraestructura hidroagrícola del Distrito se obtiene agua de mejor calidad microbiológica, por consiguiente se sugiere que estos agentes infecciosos sean utilizados como índices de calidad microbiológica de aguas residuales que se usan en el riego agrícola y que se propongan lineamientos dentro de las normas de calidad de agua que existen en México; ya que no son considerados dentro de estas publicaciones.

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Agente infeccioso . . . . . página

### I Quistes de Protozoarios

01 Entamoeba coli . . . . . 53

02 Giardia spp. . . . . 53

### II Huevos de platelmintos

03 Fasciola hepatica . . . . . 54

### III Huevos de nematelmintos

04 Trichuris spp. . . . . 54

05 Ascaris spp. . . . . 55

06 Macracanthorhynchus hirudinaceus . . . . . 56

07 No identificado . . . . . 56

01 Localización del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.....	38
02 Localización de las Estaciones de Muestreo.....	40
03 Comparación de Parásitos como Indices de Calidad Microbiológica del Agua con Indicadores Bacteriológicos, en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	57
04 Comparación de Parásitos como Indices de Calidad Microbiológica del Agua con Indicadores Bacteriológicos, en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	58
05 Media de quistes de <u>Entamoeba histolytica</u> , <u>Entamoeba coli</u> y <u>Giardia</u> spp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo durante abril a octubre de 1987.....	59
06 Media de quistes de <u>Entamoeba histolytica</u> y <u>Entamoeba coli</u> obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	60
07 Media de quistes de <u>Giardia</u> spp. obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	61
08 Media de huevos de <u>Fasciola hepatica</u> y <u>Taenia</u> spp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	62
09 Media de huevos de <u>Fasciola hepatica</u> y <u>taenia</u> spp. obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	63

10	Media de huevos de <u>Trichuris</u> spp. y <u>Enterobius vermicularis</u> obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	64
11	Media de huevos de <u>Trichuris</u> spp. y <u>Enterobius vermicularis</u> obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	65
12	Media de huevos de <u>Ascaris</u> spp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	66
13	Media de huevos de <u>Ascaris</u> spp. obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987. ....	67
14	Media de huevos de <u>Toxocara</u> spp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	68
15	Media de huevos de <u>Toxocara</u> spp. obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	69
16	Media de huevos <u>Toxascaris</u> spp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	70
17	Media de huevos de <u>Toxascaris</u> spp. obtenida en el canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	71
18	Media de huevos de <u>Capillaria</u> spp. y <u>Macracanthorhynchus hirudinaceus</u> obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	72

19	Media de huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	73
20	Media de huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	74
21	Media de huevos y nemátodos de vida libre obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	75
22	Media de huevos y nemátodos de vida libre obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	76

## INDICE DE CUADROS

página

1	Frecuencia y porcentaje de quistes de protozoarios, huevos de platelmintos y nematelmintos recuperados en el Sistema de Presas y en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	77
2	Frecuencia y porcentaje de quistes de protozoarios y huevos de helmintos recuperados en el Sistema de Presas y en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	78
3	Comparación de parásitos como sistema indicador con indicadores bacteriológicos.....	79
4	Porcentaje de remoción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos obtenidos en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	80
5	Porcentaje de remoción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos obtenidos en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	81
6	Porcentaje de remoción de grupos de parásitos obtenidos en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	82
7	Porcentaje de remoción de grupos de parásitos obtenidos en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	83
8	Frecuencia de porcentaje de remoción obtenido en el Sistema de Presas y en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.....	84

## GLOSARIO DE TERMINOS

**Agua blanca:** son aquellas aguas que aparentemente estan limpias; sin embargo, es muy posible que no lo sean, lo cual se hace evidente mediante el análisis microbiológico y fisicoquímico (13,22).

**Agua mezclada:** es aquella que resulta de la unión de agua blanca con agua residual, o bien diferentes calidades de aguas (13,22).

**Agua residual:** es aquella a la que se le ha dado algún uso, por lo que ha quedado impura, sus características son variables y su calidad depende de la fuente de origen. Comúnmente son llamadas aguas negras (13).

**Drenes:** conducto de agua para el riego de cultivos (3).

**Indicador microbiológico:** son organismos de un grupo específico el cual por su sola presencia, demuestra que ha ocurrido contaminación, además sugiere la precedencia de ésta (23,26).

**Lagunas aeróbicas:** son simples estructuras abiertas al aire y al sol dotadas de oxígeno, el cual es utilizado por los microorganismos en las reacciones metabólicas con la finalidad de purificar el agua (16,17).

**Noria:** excavación hecha a cielo abierto, sin maquinaria especial y que capta aguas poco profundas (22).

**Sedimentación:** proceso por medio del cual se remueven sólidos suspendidos y algunos organismos en aguas residuales (3).

**Zanjas de oxidación:** lugar donde son almacenados desechos orgánicos provenientes de aguas residuales para su biodegradación (16,17).

## INTRODUCCION

Debido al elevado crecimiento de la población en muchos países del mundo y la demanda de agua para satisfacer las necesidades de los habitantes, la industria y el comercio, que se ha presentado en las últimas décadas, ha ocasionado que las fuentes de abastecimiento sean actualmente insuficientes o se encuentren contaminadas, por lo que, es necesario realizar estudios acerca del reuso de aguas residuales crudas o tratadas en las diversas actividades; por ejemplo, en la agricultura.

Las aguas residuales, son de gran utilidad en el riego de vegetales, ya que por su composición química contiene gran cantidad de materia orgánica y nutrientes que fertilizan el suelo y con ello mejora la productividad, sin embargo, es conveniente considerar que estas aguas contienen gran cantidad y diversidad de agentes infecciosos como parásitos, hongos, virus y bacterias, lo cual representa riesgos potenciales a la salud de quienes tienen contacto primario con estas aguas, o bien por la ingestión de vegetales procedentes de cultivos irrigados con este tipo de aguas.

Ante este problema, existe la necesidad de evaluar la calidad microbiológica de las aguas de irrigación y de contar con técnicas adecuadas y confiables para su análisis microbiológico.

Actualmente, la Legislación Mexicana para definir el uso que se da al agua, incluye parámetros fisicoquímicos y organismos coliformes, no obstante, considerando que el agua es un buen vehículo de diseminación de microorganismos patógenos o potencialmente patógenos al hombre y animales de sangre caliente de importancia económica y doméstica, existe la necesidad de incluir en el reglamento parámetros microbiológicos más confiables para evaluar la calidad del agua y definir el uso a que se destine.

En particular, para aguas residuales con fines agrícolas se considera prioritaria la determinación cualitativa y cuantitativa de quistes de protozoarios y huevos de helmintos, ya que estos parásitos pueden persistir o sobrevivir por largos períodos en las superficies irrigadas, representando un serio riesgo para las distintas poblaciones que se pongan en contacto con ellas..

Por otro lado para países como México, es incosteable tratar todos los residuos líquidos, por lo que deben realizarse estudios tendientes al mejor aprovechamiento de la infraestructura hidroagrícola como sistema de autopurificación de corrientes.

## **OBJETIVOS**

- Caracterizar mediante la cualificación y cuantificación de parásitos la calidad de las aguas residuales en un Distrito de Riego.
- Evaluar los parásitos (quistes de protozoarios y huevos de helmintos), como índices de la calidad microbiológica de aguas residuales para riego agrícola, ya que la norma mexicana no incluye a estos organismos.
- Demostrar que durante el paso del agua a través de presas y canales de riego disminuye el número de parásitos (quistes de protozoarios y huevos de helmintos).

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 Tipos de aguas

La composición general de los diferentes tipos de agua se pueden estudiar a partir del ciclo hidrológico. En forma general se considera que el agua de suministro para las diversas actividades y necesidades biológicas del hombre y de los animales, proviene de cinco fuentes principales (23, 26):

1. Aguas superficiales
2. Aguas de lluvia
3. Aguas subterráneas
4. Aguas de mar
5. Aguas residuales

#### 1. Aguas superficiales

Las aguas de ríos y manantiales contienen sustancias inorgánicas y orgánicas en solución y suspensión. La cantidad y composición de esta materia depende de la naturaleza de los suelos por donde pasan las corrientes y de la composición de las rocas a través de las cuales pasa el agua.

Estas aguas se ven continuamente alteradas en sus características naturales en virtud de las múltiples descargas que llegan a ellas (23, 26).

#### 2. Aguas de lluvia

Las aguas que provienen de las lluvias son las más puras; sin embargo, contienen ciertos compuestos como: gases disueltos, sólidos en disolución y suspensión, y una gran cantidad y diversidad de microorganismos.

En las grandes áreas urbanas e industriales, el agua de lluvia contiene una mayor concentración de contaminantes, principalmente sales de amonio, ácido sulfúrico y ácido sulfhídrico (23 y 26).

Vale la pena mencionar que en la estación de lluvia los cuerpos receptores de agua reciben mayor cantidad de contaminantes debido al lavado de los suelos, además durante este periodo las enfermedades parasitarias se incrementan por la diseminación de agentes infecciosos.

### 3. Aguas subterráneas

Estas aguas son ricas en sales disueltas, lo cual se debe a las capas del subsuelo por donde pasa el agua y al aumento de la solubilidad del anhídrido carbónico por la presión y aumento de la temperatura del agua en la profundidad (23, 26).

### 4. Aguas de mar

El agua de los océanos contiene gran cantidad de sales disueltas, principalmente de: sodio, potasio, calcio, magnesio y otros. La composición de las aguas marinas es variable, aumentado el contenido de impurezas según sea su ubicación y explotación.

Actualmente, estas aguas son poco explotadas, debido a que no se han desarrollado tecnologías económicas que permitan adecuar el agua para ser empleada en todas las actividades, por lo que únicamente se explotan en la acuicultura y recreación (23, 26).

### 5. Aguas residuales

Otro tipo de aguas, aunque no de origen natural, son las aguas residuales, estas aguas tienen características variables y su calidad depende de la fuente de origen. Las aguas residuales se pueden clasificar (23, 26) en:

- a) Aguas residuales domésticas: provienen de las comunidades urbanas.
- b) Aguas residuales industriales: son generadas por las diferentes industrias.
- c) Aguas residuales municipales: son una combinación de aguas generadas por la población, industria y comercio.
- d) Aguas residuales de retorno agrícola: provienen de los campos agrícolas.

### 1.2 Estudio de caracterización microbiológica de aguas residuales

El uso de aguas residuales crudas o mezcladas en el riego de superficies agrícolas, se practica desde hace tiempo en varios países del mundo, sobre todo en zonas áridas, donde existen problemas por el abastecimiento de agua para usos urbanos, industriales y agrícolas (32)

En México, se le da uso a las aguas residuales en el riego agrícola en los Distritos de Desarrollo Rural 09 de Ciudad Juárez, Chihuahua; 028 de Tulancingo, Hidalgo; 030 de Valsequillo, Puebla; 063 de Valle del Mezquital, Hidalgo (32), además es utilizada en zonas agrícolas más pequeñas de otras cincuenta y siete ciudades del país (33).

En el Valle del Mezquital, Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo; utilizan aguas residuales sin tratamiento (33) provenientes de la zona metropolitana de la ciudad de México, como práctica común para el riego de vegetales (2), en el cual se ha visto que mediante el riego con aguas residuales la productividad se incrementa, se amortigua la salinización de los suelos y el nivel socioeconómico mejora; no obstante deben ser estudiados los aspectos adversos, principalmente lo referente a la salud pública, de lo cual a la fecha no existen reportes (34).

Para esta zona uno de los principales problemas que se presenta en el agua, es la elevada concentración de organismos patógenos eliminados con las heces de animales de sangre caliente, los cuales sobrepasan considerablemente el nivel recomendado de bacterias (1000 coliformes por 100 ml de agua, basado en la Legislación Relativa al Agua y su Contaminación), de metales pesados, mientras que el análisis de parásitos realizado en canales, drenes y norias fueron negativos (15).

En Guadalajara, Jal., se han realizado estudios para determinar los efectos que ocasionan descargas de aguas residuales sobre los cuerpos receptores de agua que abastecen a la ciudad. Se analizaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y ninguno de ellos rebasa los niveles permisibles (15).

En Estados Unidos, se examinaron muestras de lodo y agua residual cruda, encontrando una gran variedad de huevos de helmintos de origen animal y humano como: Toxascaris leonina, Toxocara spp., Trichostrongylus sp., Trichuris trichiura, Ascaris lumbricoides, Enterobius vermicularis, larvas de vida libre de Strongyloides stercoralis, Hymenolepis diminuta, Hymenolepis nana, Taenia spp.. Se menciona que los huevos de estos helmintos pueden permanecer viables a diferentes temperaturas, además los vegetales se pueden contaminar al tener contacto con dichos suelos y agua, lo cual representa riesgos a la salud de humanos y animales que consuman estos productos, o por contacto primario con aguas residuales y lodos (35), en otro estudio lograron aislar huevos de Ascaris suum en agua residual y en forraje ensilado (4).

El grupo de protozoarios aislados de aguas residuales es pequeño, el cual comprende quistes de: Entamoeba histolytica, Entamoeba coli y Giardia lamblia (18-20, 29-30, 36).

En Colorado, Estados Unidos se encontró que en suelos contaminados con aguas residuales los huevos de Ascaris pueden sobrevivir hasta dos años y medio, en productos agrícolas un mes. Los quistes de Entamoeba histolytica en suelo sobreviven ocho días y en productos agrícolas de 18 a 24 hr (36).

Es importante mencionar que la dispersión de los quistes de protozoarios y huevos de helmintos depende de la forma de riego de los cultivos. En el riego por aspersión y por inundación se presentan grandes problemas desde el punto de vista microbiológico, ya que los microorganismos contaminan directamente a los vegetales y al suelo, además pueden ser dispersados por la aerosolización a grandes distancias; esto tiene especial importancia para frutas y cosechas de hojas que son consumidas crudas (36).

En la irrigación por surco el agua raramente alcanza porciones altas de las plantas; sin embargo afecta a cosechas de raíces, que comúnmente permiten la estancia de microorganismos patógenos o bien de fases infectantes para el hombre y animales (36).

El uso de agua residual sin tratamiento con fines agrícolas se hace de forma inmoderada, ya que no consideran importante la elevada aportación de microorganismos patógenos, que alteran la calidad microbiológica de cultivos y con ello la salud del hombre y de animales; sin embargo, debe considerarse que los procesos de tratamiento de aguas residuales resultan costosos sobre todo para países subdesarrollados, por tales motivos se han hecho diversos estudios en diferentes países sobre procesos de tratamientos económicos y de purificación natural del agua.

En la India, realizaron investigaciones sobre remoción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos en zanjas de oxidación y en lagunas aeróbicas, de los cuales obtuvieron mayor eficiencia de purificación en zanjas de oxidación del 90 al 100 %; mientras que en lagunas aeróbicas la remoción fue de 75 a 100 % (30).

En los estanques de clarificación de aguas residuales, la mayor parte de los huevos de Ascaris lumbricoides se depositan en el fondo después de dos horas; pero al cabo de 60 días los huevos no embrionados son capaces de desarrollarse en el fango del fondo o en la propia agua residual a temperaturas de dos a diez grados centígrados, conservando su resistencia. Los huevos que no sucumben tras la estancia en el agua residual o en el cieno de la misma aún son infectantes (4).

La permanencia de los huevos de los ascáridos en forraje ensilado durante tres meses mantiene su capacidad de infección. Del 66 al 79 % de huevos de Ascaris lumbricoides situados sobre arena de grosor medio fino y en tierra de huerta perdieron su viabilidad y del 41 al 49 % los que se encontraban a tres

centímetros de profundidad, sin embargo en el estiércol sobreviven durante 63 días a 40 °C pero mueren en 19 días a 50 °C (4).

En Estados Unidos, en 1986 realizaron estudios sobre remoción de microorganismos de aguas residuales a través de filtros de arena; en donde los huevos de Ascaris quedan atrapados (9).

En México, realizaron estudios sobre remoción de bacterias coliformes de aguas residuales a través de drenes. En los drenes de mayor profundidad la recuperación de bacterias es menor; mientras que en drenes de menor profundidad el número de microorganismos recuperados es mayor, lo cual se debe a que el suelo actúa como filtro (27).

### 1.3 Indicadores de calidad microbiológica del agua

En países que evalúan la calidad microbiológica del agua, sistemáticamente realizan pruebas en el laboratorio que hacen evidente la magnitud de la contaminación del agua por excretas intestinales del hombre y de animales de sangre caliente (23, 26).

Actualmente, los indicadores microbiológicos de calidad de agua, son organismos de un grupo específico, el cual por su sola presencia, demuestra que ha ocurrido contaminación y además sugiere la procedencia de ésta (23, 26).

Como indicadores de calidad microbiológica del agua, se han empleado varios grupos de bacterias que normalmente aparecen en el intestino del hombre y de animales de sangre caliente (23, 26); sin embargo, en la naturaleza, los indicadores microbiológicos ideales de contaminación no existen y los que actualmente se emplean no cumplen estrictamente con las propiedades que deben poseer.

Por otra parte, el uso de indicadores bacteriológicos, no es suficiente para evaluar la calidad microbiológica del agua, ya que en ocasiones, aún cuando los valores de estos índices se encuentren dentro de los lineamientos establecidos por la Norma Oficial Mexicana o por el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua para los diversos usos, esta agua puede contener otro tipo de agentes patógenos al hombre y animales, tales como: bacterias y hongos, virus entéricos, quistes de protozoarios y huevos de helmintos.

Por lo anteriormente expuesto se ve la necesidad de considerar dentro de los lineamientos establecidos de calidad microbiológica del agua otro grupo de organismos más confiables para evaluar la calidad microbiológica del agua, tales como: quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos.

Para que un grupo específico de bacterias sea considerado como indicador microbiológico ideal de contaminación debe poseer las propiedades (23, 26) siguientes:

- ser inofensivos al hombre o animales
- que puedan ser aplicables a todo tipo de aguas
- siempre deben estar presentes cuando haya microorganismos patógenos
- el número de microorganismos debe ser directamente proporcional a la contaminación
- deben ser más resistentes que los microorganismos patógenos
- desaparición rápida posterior a los microorganismos patógenos
- no deben estar en aguas para consumo humano
- su análisis cuantitativo debe ser fácil de realizar
- no deben reproducirse en agua

Como indicadores microbiológicos usados comúnmente, para evaluar la calidad microbiológica del agua se encuentra el grupo coliforme, en el cual se consideran a los Coliformes totales y fecales, otro grupo para este fin, es el Estreptococo fecal (23, 26).

#### Grupo coliforme

Este grupo incluye todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, no esporuladas, de forma de bacilo corto, que fermentan la lactosa con producción de gas a las 48 hr a 35°C (23, 26).

El grupo coliforme total como indicador de contaminación presenta ventajas y desventajas (23, 26).

#### Ventajas:

- la ausencia de coliformes es evidencia de potabilidad

## bacteriológica del agua

- la densidad de coliformes es una medida proporcional aproximada de la contaminación por desechos fecales y no fecales
- si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal, las bacterias coliformes debe existir en mayor número generalmente
- los coliformes persisten más en medio acuático que las bacterias patógenas de origen intestinal
- los coliformes son menos dañinos al hombre y pueden determinarse cuantitativamente por procedimientos sencillos en el laboratorio.

### Desventajas:

- algunos miembros del grupo coliforme tienen una amplia distribución en el ambiente en comparación a su presencia en el intestino de animales de sangre caliente
- algunas cepas del grupo coliforme pueden reproducirse en aguas contaminadas, por consiguiente se hace difícil la evaluación real del agua debido a la presencia de organismos de otro origen
- otras bacterias pueden interferir con la prueba de los coliformes dando falsos positivos o falsos negativos.
- aún cuando no existen coliformes totales pueden estar presentes otras bacterias patógenas y oportunistas, virus enteropatógenos, quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos.

### Grupo Coliforme Fecal

Son bacilos cortos gram negativos no esporulados, anaeróbicos, capaces de fermentar la lactosa con producción de acidéz y gas a  $44 \pm 0.5$  °C en 48 hr (23, 26).

### Ventajas:

- el 95% de los coliformes de origen fecal da positiva la prueba de la temperatura.
- estos organismos están relativamente ausentes si la contaminación no es de origen fecal
- el tiempo de sobrevivencia del grupo coliforme fecal es más corto que el de los coliformes no fecales; por lo que

una elevada cantidad de éstos indica contaminación reciente:

- los coliformes fecales generalmente no se multiplican fuera del intestino de los animales y del hombre
- la determinación cuantitativa es fácil de realizar en el laboratorio

#### Desventajas:

- un número pequeño de coliformes fecales da negativa la prueba a la temperatura
- en aguas estancadas o ricas en nutrientes y en sedimentos este grupo es capaz de reproducirse

#### Grupo Streptococo fecal

Son organismos cocos gram positivos, que forman generalmente pares o cadenas cortas, crecen en presencia de sales biliares a 45° C produciendo ácido pero no gas (23, 26).

Indican contaminación peligrosa ya que en pequeñas cantidades son indicativos de gran contaminación, además en aguas no contaminadas nunca se encuentran, demuestran que ha sido reciente la contaminación, son característicos de contaminación fecal ya que están presentes en las heces de animales de sangre caliente (23, 26).

#### Ventajas y desventajas

- viven menor tiempo en medio acuático que el grupo de coliformes, excepto cuando el agua tiene un contenido elevado de electrolitos
- no se reproducen con tanta frecuencia como los coliformes ya que requieren mayor número de nutrientes
- desarrollan resistencia a procesos de cloración del agua, mientras que los coliformes son más susceptibles a desinfección por cloración
- la proporción de CF/EF (coliformes fecales/streptococos fecales) indica, si es mayor de cuatro contaminación de origen fecal de humanos; si es menor de 0.7 contaminación fecal de origen animal

- una desventaja del uso de estos indicadores es que incluye biotipos de significado sanitario inespecífico, al igual que el grupo de Coliformes

En general, la presencia de estreptococos fecales indica contaminación fecal, y la ausencia que no existe tal contaminación (23, 26).

#### 1.4 Ciclos biológicos de parásitos recuperados en aguas residuales

Actualmente, en países que utilizan aguas residuales en el riego agrícola, se presentan una gran variedad de enfermedades gastrointestinales, a causa de que este tipo de agua es vehículo de una gran variedad y cantidad de agentes infecciosos como son: bacterias, hongos, virus y parásitos (30).

Los parásitos, han adquirido ciclos biológicos más o menos complejos por adaptación al hospedero y al ambiente. El conocimiento de los ciclos biológicos de los parásitos, es importante ya que a partir de éstos se determinan factores que intervienen en el desarrollo de estos organismos y de la transmisión de fases infectantes; de esta manera cortar las vías de unión de los factores para evitar el desarrollo de los parásitos. Por ejemplo, se sabe que el agua residual es considerada como fuente de infección cuando se utiliza en la irrigación de cultivos, ya que resulta un buen vehículo de diseminación de fases infectantes de parásitos, retomando lo anterior si se controla este factor, entonces se evitaría la propagación de enfermedades parasitarias.

Los protozoarios que afectan con mayor frecuencia al hombre son: Entamoeba histolytica y Giardia lamblia, en algunas ocasiones Entamoeba coli aunque la mayoría de las veces se encuentra como comensal en el intestino grueso de humanos. Son los protozoarios de mayor importancia debido a que son los más comunes en el país (5, 11).

Los organismos anteriormente mencionados, son adquiridos por el hospedero por vía oral, presentan ciclo biológico directo con migración simple, la división es por fisión binaria, el portador elimina la fase infectante con la materia fecal, la transmisión es por alimentos y aguas contaminadas con heces, por moscas, manipuladores de alimentos, etc. (5, 11).

Entamoeba histolytica es de distribución mundial con mayor frecuencia en regiones tropicales y subtropicales dependiendo de la infraestructura sanitaria de cada país. La amibiásis es una enfermedad de tipo estacional que coincide en época de lluvia, debido a que la humedad favorece la viabilidad de los quistes. En

México, es endémica entre el 2 y 60% de la población la puede presentar y además puede estar asociada con giardiásis y enterobiásis (11).

En México, la amibiásis es un problema de salud de considerables proporciones por la frecuencia de su aparición y por la severidad de sus manifestaciones clínicas. Afecta principalmente a las clases sociales con menores ingresos económicos que viven en hacinamientos y carecen de servicios sanitarios adecuados (5, 11, 25).

Aún cuando es muy difícil determinar la frecuencia real de la amibiásis en el país, los siguientes datos dan idea de su importancia: a) en algunas poblaciones hasta el 86% de los individuos examinados tienen Entamoeba histolytica; b) en un estudio de diversas regiones del país se encontraron anticuerpos del parásito en cerca del 6% de aproximadamente 20 000 individuos y c) según un gran número de necropsias, la amibiásis representa la cuarta causa de muerte de la población atendida en el Hospital General de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (25).

La amibiásis se asocia con fecalismo al aire libre, alimentos contaminados con aguas residuales, presencia de vectores, deficiencia de higiene en alimentos, alimentación desbalanceada (5).

La infección por Entamoeba histolytica modifica el peristaltismo, lo cual tiene como consecuencia deshidratación y disminución de peso, que se asocia con anemia, ante todo acarrea cuadros de desnutrición debido a baja absorción de nutrientes (5, 11).

La viabilidad de los quistes de Entamoeba histolytica depende de la temperatura, humedad y concentración bacteriana, en agua de ríos permanecen viables de ocho a cuarenta días, en suelo ocho días y en vegetales de 18 a 42 hr. (35), los quistes son redondos u ovals, con pared refringente, con cuatro núcleos cuando son maduros, su tamaño varía de 6 a 20µm (11). La infección es producida por la ingestión de un sólo quiste maduro del protozoario (37).

La infección con Entamoeba coli es adquirida con facilidad, lo que explica su frecuencia relativamente alta en países desarrollados, en tanto que en países tropicales y en poblaciones de clima frío en los que las condiciones de higiene y sanitarias son primitivas la frecuencia es mucho más elevada y en ocasiones se acerca a la saturación (11).

Los quistes maduros de Entamoeba coli pueden sobrevivir en putrefacción y desecación moderada, las medidas del quiste varían de 10 a 33µm, son ovoides, cuando son maduros presentan ocho núcleos (5, 11).

Aunque Entamoeba coli se encuentra como comensal en el intestino grueso del hombre, se encontró que en uno de ocho voluntarios que recibieron un sólo quiste de éste organismo resultó infectado; la proporción de individuos infectados por dosis mayores fue más grande, hasta una dosis máxima de 10 000 quistes con la cual dos de dos voluntarios resultaron infectados (29).

El hombre es hospedero natural de Giardia lamblia se presenta con mayor frecuencia en niños que en adultos. Los quistes de este protozooario son de forma elipsoide, miden de 7 a 10 µm, cuando son maduros presentan cuatro núcleos (5, 11).

La transmisión de Giardia lamblia se efectúa por la ingestión de quistes viables. Aunque los alimentos y las bebidas contaminadas parecen ser la fuente de infección, es más probable que el mecanismo usual sea el contacto íntimo de individuos no infectados con infectados. Las infecciones de Giardia son más frecuentes en niños que en adultos, especialmente a los pertenecientes a familias numerosas, orferinatos y escuelas (11).

La permanencia de la giardiásis se ve favorecida por riego de alimentos con aguas contaminadas con quistes, fecalismo al aire libre, presencia de vectores, mala alimentación y mal manejo de alimentos (5).

La giardiásis representa síndrome de mala absorción, desnutrición y como consecuencia alteraciones en el desarrollo de individuos (5, 11).

La ingestión de 10 a 1000 000 de quistes de Giardia lamblia ocasiona infección en el 100 % de los hospederos, si se ingiere un quiste no se desarrolla infección (5, 29).

Los quistes de Entamoeba histolytica cuando llegan al estómago sufren sensibilización de tipo físico y la exquistación sucede en la luz intestinal, parasitando pared intestinal; mientras que los quistes de Entamoeba coli a medida que avanza con el contenido intestinal realiza el máximo de divisiones correspondientes al número de núcleos, la fase de trofozoito se establece en el ciego. Los quistes de Giardia lamblia sufren exquistación en el estómago, por cada quiste se originan dos trofozoítos que se establecen en la mucosa intestinal (5, 11).

Existe una gran diversidad de huevos de helmintos de importancia sanitaria recuperados de aguas residuales que afectan al hombre y animales, cuyo ciclo biológico es directo con migración compleja, los huevos son eliminados por el portador con la materia fecal y la vía de entrada al hospedero es oral, por contaminación de agua y alimentos con aguas residuales y/o heces de animales de sangre caliente. Algunos de estos organismos se mencionan a continuación.

Ascaris lumbricoides es específico de humanos, ocasiona la ascariasis, es el más común de todos los helmintos, los huevos no fertilizados miden de 88 a 94µm, los fertilizados son anchos y ovoides con una cápsula gruesa rugosa, son de color café dorado, miden de 45 a 75µm de longitud por 35 a 50µm de diámetro, requieren de un periodo de incubación antes de ser infectantes y depende de varias condiciones del ambiente. El número de huevos puestos por la hembra es aproximadamente de 240 000 por día (5, 11, 31).

La ascariasis se presenta en zonas templadas y tropicales con mayor incidencia en áreas rurales. En los trópicos todas las edades están masivamente parasitadas con Ascaris, en tanto que en países subtropicales los niños están más comúnmente infectados que los adultos y contaminan más a menudo el suelo. En países en los que las heces humanas se utilizan como fertilizantes de campos de cultivos y de huertas, la población adulta adquiere la infección al ingerir vegetales crudos contaminados con huevos totalmente embrionados (11).

La ascariasis es una enfermedad de tipo estacional que aumenta con la precipitación pluvial debido a que la diseminación de huevos viables es mayor (11).

En aguas superficiales y en aguas profundas, los huevos de Ascaris lumbricoides se conservan viables durante 22 meses; sin embargo, ni en el agua, ni en la tierra húmeda eclosionan las larvas (4).

Uno de los parásitos específicos del cerdo que se puede aislar de aguas residuales es Ascaris suum, los huevos miden de 80 por 55µm, son de forma oval, con pared gruesa y una capa gelatinosa externa de superficie rugosa, dan apariencia de corcholata aplanada, son de color pardo amarillento, son resistentes a condiciones climáticas extremas y pueden permanecer viables por más de cuatro años aún bajo periodos prolongados de congelamiento; sin embargo, son susceptibles a desecación. La hembra aproximadamente pone de un millón a millón y medio de huevos por día (4, 10, 31).

Los agentes etiológicos del síndrome de larva migrans visceral, son especies del género Toxocara cuyas fases adultas por lo general son parásitos de animales inferiores (perro y gato). Los huevos casi esféricos tienen superficie rugosa, miden 83 por 75µm, son de color café oscuro o café grisáceo, cuando son expulsados con las heces aún no están embrionados (5, 11).

Esta infección es transmitida por contaminación fecal de perros a humanos, se ve favorecida durante las temporadas de lluvias debido a la diseminación de huevos (11, 31).

Los huevos de Toxocara son sembrados en el suelo con las excretas de sus hospederos desarrollándose en él hasta el estadio infectante, por tal motivo los niños son los mas expuestos a la infección (11).

Cuando se dosifica a adultos 100 huevos de Toxocara canis la infección puede pasar inadvertida (11).

Las especies del género Toxascaris son parásitos exclusivos de perros y gatos; sin embargo el humano, puede adquirir los huevos por vía oral, pero no se desarrolla la fase adulta, por lo que la larva inmadura es eliminada con las heces de humanos infectados. Los huevos son ovales con pared gruesa, superficie lisa, miden 85 por 75µm (10, 31).

Los huevos de los géneros Ascaris, Toxocara y Toxascaris, son eliminados con la materia fecal e inician su evolución en un microclima (temperatura y humedad adecuada, áreas sombreadas). Según el género pueden desarrollarse de cuatro a cinco estadios larvarios en nueve a catorce días. Dentro del huevo se desarrolla del primero al segundo estadio larvario (a este proceso se le denomina muda uno), no obstante su resistencia, no tiene la capacidad de salir por lo que se le denomina larva pasiva, la cual muda al segundo estadio larvario, siendo esta la fase infectante (larva dos) que penetra por vía oral al hospedero (5, 10- 11, 31).

Los huevos larvados al recorrer el aparato digestivo, en intestino delgado, son activados por enzimas digestivas, ocasionando la eclosión de la larva dos, que migra a pared intestinal, Toxascaris en este sitio muda hasta el cuarto estadio larvario; en tanto que la larva de los demás organismos se incorpora a sangre y visceras abdominales, con el objetivo de alcanzar pulmón; sin embargo, puede ser acarreada a otras visceras como: corazón, hígado y diafragma donde no madura la larva pero si ocasiona daño. Cuando estos parásitos llegan a pulmón, el segundo estadio larvario muda al tercero (larva tres) en alvéolos (5, 11), con excepción de Ascaris suum que muda en hígado (10, 31).

Cuando la larva no se encuentra en pulmón se dirige a él y de bronquiolos pasa a tráquea y aparato digestivo por deglución, durante esta migración la cutícula de la larva se hace más resistente, se fija en intestino y realiza sus mudas al cuarto y quinto estadio larvario, a partir de la última muda da origen a la fase adulta inmadura, que dependiendo del género alcanzará la madurez sexual (5, 10- 11, 31).

Trichuris trichiura y Enterobius vermicularis, son organismos que tienen migración simple y al igual que los géneros mencionados anteriormente los huevos son eliminados con la materia fecal (5, 11).

Enterobius vermicularis, es parásito exclusivo del hombre, es el agente etiológico de la oxiuriasis, no requiere de hospederos intermediarios. Los huevos miden de 50 a 60µ por 20 a 30µ, son muy resistentes a la putrefacción, desinfectantes y en condiciones húmedas y frescas pueden permanecer viables por trece días (5, 11).

La enterobiasis es una infección de grupo. Es el más común en grupos familiares o en asilos, que en la población general y es más frecuente en niños que en adultos. El oxiuro tiene la distribución geográfica de todos los helmintos. Stoll calculó que existen aproximadamente 209 millones de personas infectadas en el mundo por oxiuros. Aunque este parásito prevalece en grupos económicamente débiles no es raro que en comunidades de posición económicamente alta se presente (5, 11).

Enterobius vermicularis durante la ovoposición secreta sustancias adherentes e irritantes, a las tres horas se origina la fase infectante en el huevo (larva tres) que penetra al hospedero por vía oral, llega a aparato digestivo y eclosiona en intestino delgado, esta larva se adhiere a mucosa y da origen al cuarto y quinto estadio larvario, ésta última pasa a luz intestinal donde llega a su madurez (5, 11).

Trichuris trichiura es el agente etiológico de la tricocefalosis o tricuriasis, es un parásito exclusivo del hombre; sin embargo, existen otras especies que afectan a animales la infestación del hospedero es por ingestión de huevos completamente embrionados (4, 10).

El huevo de tricocéfalos tiene forma de barril, presenta dos prominencias bipolares que tienen apariencia de tapones mucoidales que no se tiñen, miden de 50 a 54µm por 22 a 23µm, no están embrionados al ser eliminados con las heces, para lo cual necesitan permanecer en el suelo de diez a catorce días (5, 11).

La infección por tricocéfalos es alta, se calcula que en el mundo existen 500 millones de personas infectadas, la frecuencia llega a un 80% en ciertos países tropicales con gran precipitación pluvial y suelos muy contaminados. Los niños se infestan con mayor frecuencia que los adultos. Las infecciones se presentan principalmente en niños pequeños, que viven al nivel del suelo que se encuentra contaminado. La infección resulta de la ingestión de huevos completamente embrionados (5).

Los huevos de los tricocéfalos son poco resistentes a la desecación, no suelen llegar a la fase infectante si se encuentran en suelo arcilloso duro, cenizas, y no sobreviven a la acción directa de los rayos solares, al frío y a la putrefacción (11).

El huevo de Trichuris trichiura evoluciona al segundo estadio larvario después de la eclosión en mucosa intestinal, ahí mismo se desarrolla hasta el tercero y cuarto estadio larvario, a partir de la última se origina la fase adulta que vive adherida a la pared del ciego (5, 11).

De los platelmintos que se pueden aislar de aguas residuales se encuentran: Taenia spp. y Fasciola hepatica.

La teniásis es una enfermedad parasitaria que puede ser ocasionada por Taenia saginata o Taenia solium, ambas presentan ciclo biológico indirecto con migración compleja, el hombre es hospedero definitivo de estos parásitos, los huevos no se pueden diferenciar entre una y otra especie son casi esféricos, miden de 31 a 43µm de diámetro, son de color ante pálido o café nogal (5, 11).

La teniásis es de distribución mundial, está asociada con hábitos de higiene, manejo inadecuado de alimentos, contaminación fecal. La carne de cerdo al ser cocida o congelada inadecuadamente es la única fuente de infección para que la población humana adquiera la infección con el adulto, las infecciones con Cisticercos cellulosaes son debidos a la ingestión de huevos en alimentos o agua contaminada (11).

La principal repercusión de la teniásis es desnutrición por deficiencia en absorción de nutrientes cuando el hospedero contiene al adulto, en caso de contener la fase larvaria presenta problemas más serios (11).

Los huevos de Taenia saginata en condiciones adecuadas pueden permanecer viables sobre pasto durante ocho semanas (11)

El portador de Taenia spp. elimina los proglótidos grávidos con la materia fecal, donde son liberados los huevos y contaminan el ambiente. El hospedero se contamina por vía oral, cuando el huevo llega a intestino delgado, el embrión hexacanto da origen a la oncosfera, la cual atraviesa pared intestinal y por medio de la sangre es transportada a corazón, donde por recirculación llega a sangre arterial, vasos capilares, donde ocurre un proceso de vesiculación hidrópica, dando origen de esta manera al cisticercos (5, 11).

El hombre se infecta por ingestión del cisticercos, del cual la larva es liberada en el estómago, el escolax evagina en el intestino delgado, en donde se fija e inicia su desarrollo de cinco a doce semanas (11).

Fasciola hepatica es el helminto que afecta comúnmente al hígado de ganado vacuno, caprino y con menos frecuencia al humano, presenta ciclo biológico indirecto con migración compleja.

La fasciolosis es cosmopolita en países que crían ovejas y reses, es adquirida por ingerir las metacercarias enquistadas adheridas a la vegetación o libres en el fondo de charcos de agua dulce. En países de Europa la población adquiere la infección por comer berros crudos. Los hospederos definitivos principalmente ovejas desempeñan un papel importante en la propagación de Fasciola (5, 11).

Los huevos de Fasciola son eliminados con las heces, en los cuales en ambiente húmedo se desarrolla el miracidio, que es la fase infectante del hospedero intermediario, que comúnmente son algunas especies de caracoles del género Lymnaea que viven, en ramas, orillas de charcos, ríos, arroyos y canales de riego (11, 36).

En el caracol invadido por los miracidios, se produce la primera generación de redias que originan al final a las cercarias. En el agua las cercarias maduran y enquistan en forma de diminutas esferulas blancas sobre pasto, plantas, corteza y suelo. Estos quistes son viables durante mucho tiempo en atmósfera húmeda, pero mueren rápidamente cuando se desecan (11, 36).

El ganado vacuno y caprino queda infectado por ingestión de plantas o pasto irrigados con agua que contiene la metacercaria; el hombre contrae la infección por ingestión de plantas tales como lechuga, que contiene la misma fase (36), que al recorrer el aparato digestivo se desenquista en el duodeno, perfora pared intestinal, migra a cavidad peritoneal, penetra a parénquima hepático y llega a conductos biliares, en donde se fija y se desarrolla hasta llegar a la madurez (5, 11).

Los huevos de Fasciola hepatica son grandes, ovoides, operculados, de color pardo amarillento, miden de 130 a 150µm por 63 a 90µm, son depositados sin madurar en los conductos biliares del hospedero (5, 11).

Macracanthorhynchus hirudinaceus es un acantocéfalo que se encuentra en el intestino delgado del cerdo y esporádicamente en mono y hombre. Presenta ciclo biológico indirecto con migración simple. Los huevos miden de 67 a 100µm por 40 a 45µm, son resistentes a condiciones ambientales pudiendo sobrevivir algunos años en suelo, cada hembra pone en promedio 250 000 huevos por día (10, 31).

Macracanthorhynchus hirudinaceus se presenta en muchos países del mundo; sin embargo, su mayor frecuencia es en países con regiones con clima tropical o subtropical, en donde los sistemas de manejo permiten que el ciclo se desarrolle; es decir, se requiere por una parte la presencia de cerdos infestados y por otra la participación de hospederos intermedios (cucarachas y escarabajos), situación que se favorece cuando la cría se hace en

pisos de tierra, como en praderas, huertas, potreros, cría domiciliaria en traspatio de regiones subdesarrolladas, favoreciendo la infestación de cerdos (31).

Los cerdos se infestan al adquirir por vía oral al hospedero intermediario que pueden ser escarabajos de la familia Scarabeidae, que adquieren la infección durante la etapa larvaria. El hospedero intermediario recorre el aparato digestivo del cerdo y la larva o acantéla es liberada en intestino delgado, enquistada y permanece así hasta llegar a la madurez sexual en promedio de dos a tres meses (10, 31).

El género Capillaria está integrado por una gran variedad de especies que generalmente parasitan a las aves y otras a mamíferos, de las cuales la única especie que afecta a humanos es Capillaria hepatica (4, 10, 31).

Los huevos de Capillaria tienen forma de limón, con tapones polares y con pared gruesa, lisa o veteada (10, 31). En suelos húmedos los huevos pueden permanecer viables por menos de un año.

El ciclo biológico puede ser directo o indirecto con migración compleja, durante el verano y otoño se efectúa con mayor rapidez que en primavera, lo cual se ve favorecido por sombra y por abundancia de lombrices de tierra (4).

La fuente de infección por Capillaria se deriva de una gran cantidad de especies de aves domésticas y silvestres (31).

La transmisión se realiza por el suelo, en algunas especies con ciclo directo, en otras con ciclo indirecto con la participación de lombrices de tierra (31).

La transmisión en condiciones naturales se realiza con mayor facilidad durante la temporada de lluvia. Por una parte, la presencia de las lombrices es mayor en la superficie de la tierra, por otra el suelo húmedo favorece la evolución de los huevos para alcanzar su estadio infectante (31).

Durante el ciclo biológico directo de Capillaria, en el huevo madura hasta el primer estadio larvario (larva uno) y después de nueve días muda al segundo estadio, que es la fase infectante. En el ciclo biológico indirecto el huevo es ingerido por la lombriz de tierra, el hospedero definitivo adquiere la infección al ingerir al hospedero intermediario. El huevo eclosiona en el intestino y la larva penetra en la mucosa y muda hasta el quinto estadio larvario el cual llega a su madurez aproximadamente en 26 días (10, 31).

Dentro del Orden Strongyloidea, se encuentran varios géneros de importancia sanitaria en México, tales como: Strongyloides stercoralis, Ancylostoma duodenale, Ancylostoma caninum,

Ancylostoma braziliense, Necator americanus. Presentan ciclo biológico directo, vía de infección común por piel y esporádicamente por vía oral (5, 11).

Strongyloides stercoralis es uno de los agentes etiológicos del síndrome de larva migrans cutánea, conocida también como dermatitis serpenteante, es un parásito facultativo; es decir, alterna fases de vida parasitaria con fases de vida libre. La hembra elimina los huevos parcialmente embrionados, que son ovoides y miden de 50 a 58µm por 30 a 34µm (5, 10).

A la migración por piel ocasionada por especies del género Ancylostoma se le conoce como erupción reptante, los huevos eliminados con las heces no están embrionados, son morfológicamente indistinguibles, miden de 60 por 40µm. Ancylostoma duodenale y Necator americanus son parásitos casi exclusivos del hombre (4, 11).

La distribución de la infección por Strongyloides y Uncinariás es paralela, pero la prevalencia es menor en zonas templadas. Se encuentran especialmente en áreas tropicales y subtropicales, donde el calor, la humedad y la falta de sanidad favorecen su desarrollo. En la población general es más común en adultos que en niños, pero se ha registrado en forma epidémica en hospicios para niños con retraso mental aún en climas templados (5, 11).

La estrongiloidosis y ucinariásis repercute principalmente en cuadros de anemia, son enfermedades crónicas y ocasionalmente aguda siendo mortal, se presenta con mayor frecuencia en época de lluvia, se asocia con fecalismo al aire libre, hábitos de higiene deficientes y posición económica (5, 11).

El embrión de los géneros del Orden Strongyloidea se desarrolla dentro del huevo hasta el primer estadio larvario, en lugares húmedos, sombreados, calientes y en suelo arenoso cubierto por vegetales en descomposición, bajo estas condiciones se han logrado aislar 100 000 larvas filariformes del género Ancylostoma (5).

La larva cuando eclosiona se alimenta de bacterias y materia orgánica, ésta dará origen al segundo estadio larvario rabditoide y posteriormente dependiendo de condiciones ambientales al tercer estadio larvario filariforme que es la fase infectante que penetra por piel al hospedero, Strongyloides stercoralis casi inmediatamente después de la eclosión se convierte en fase infectante que puede permanecer viva en el suelo por varias semanas (11). Si las condiciones ambientales no son adecuadas para originar a la larva rabditoide entonces ésta permanece en fase filariforme (11).

Dado que las especies del género Ancylostoma no son parásitos facultativos, a partir del segundo estadio larvario siempre se origina el tercero que al igual que Strongyloides es la fase infectante (5, 11).

Durante el tercer estadio larvario filariforme, si no penetra al hospedero esta larva muere. Cuando se incorpora por piel, que es la vía de entrada más común, se desplaza a través de ésta hasta tener acceso a vasos sanguíneos, migra por vasos capilares de tipo venoso para llegar a corazón y pulmón, después asciende a tráquea, donde es deglutida y llega a aparato digestivo, en la mucosa intestinal se desarrolla dando origen al cuarto y quinto estadio larvario, que son las formas adultas que depositan los huevos que son eliminados con la materia fecal (5, 11).

#### 1.5 Lineamientos de calidad del agua para la agricultura y riesgos potenciales a la salud.

Actualmente el uso de aguas residuales crudas o tratadas en el riego agrícola, es una práctica común, lo cual hace necesario establecer criterios basados en estudios epidemiológicos y bien fundamentados para proteger la salud del operador, de las comunidades rurales, de los consumidores y así elevar el nivel socioeconómico de la población.

En México, existen documentos que son publicados por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en combinación con otras secretarías e instituciones, en los cuales se establecen criterios y métodos para evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, para su mejor aprovechamiento.

La Norma Oficial Mexicana NOM-AA-42-1987, que actualmente está en vigor, establece un método para la detección y cuantificación en aguas de organismos coliformes totales y fecales además una prueba presuntiva de Escherichia coli (28).

En 1975 la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la SARH, publica la Legislación Relativa al Agua y su Contaminación, en ésta establecen lineamientos para prevenir y controlar la contaminación de los cuerpos receptores, mediante el establecimiento de valores máximos permisibles de parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos (21).

La publicación anterior establece que en aguas residuales cuyo fin sea el riego de legumbres que se consuman crudas o frutas que tengan contacto con el suelo, no debe de exceder de 1000 coliformes totales por 100 ml., para los demás cultivos el valor es libre. De aguas adecuadas para el uso recreativo, conservación de la flora y fauna como promedio mensual se acepta

un valor de coliformes totales de 10 000 por 100 ml, pero no mayor de 20 000 por 100 ml, un valor de 2 000 coliformes fecales por 100 ml como promedio mensual y ningún valor mayor de 4 000 por 100 ml. (21).

En 1980 la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica de la SARH propone como parámetros para evaluar la calidad microbiológica de aguas residuales que tienen como destino el riego agrícola a microorganismos patógenos como: virus, bacterias, protozoarios, nematelmintos y platelmintos (15).

En los lineamientos propuestos por la publicación anterior sugieren que para cultivos que son consumidos crudos por el hombre y cuya parte comestible no entra en contacto con el agua residual y en todos los pastizales es recomendable que las aguas contengan menos de 1 000 coliformes totales por 100 ml y no es necesario establecer un nivel recomendable de organismos patógenos en agua que se utilice para irrigar cultivos forrajeros (15).

De la misma publicación en caso de cultivos consumidos crudos, que la parte comestible tenga contacto con el agua residual, es recomendable que el nivel máximo de coliformes fecales sea de 2.2 por 100 ml. Por otro lado, no es necesario recomendar un nivel máximo de coliformes fecales en cultivos de forraje que es consumido por el ganado (15).

Por lo que respecta a virus, protozoarios, nematelmintos y platelmintos parásitos, parámetros propuestos para evaluar la calidad microbiológica del agua por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, no propone lineamientos de calidad (15).

En julio de 1985 en Engelberg, Suiza, se reunieron ingenieros sanitarios, epidemiólogos y científicos sociales, con el fin de discutir aspectos sanitarios que se presentan al usar aguas residuales y excretas en la agricultura. Formularon un modelo que estipula la frecuencia de infecciones y enfermedades originadas por diferentes organismos patógenos (1).

La situación de enfermedades ocasionadas por el uso de aguas residuales en el riego agrícola es principalmente por nemátodos intestinales, infecciones por bacterias, virus y en casos especiales por tremátodos y céstodos (1).

En el siguiente cuadro se enlistan en orden decreciente de presentación de organismos patógenos por el uso de aguas residuales en el riego agrícola (1).

Presentación de organismos patógenos por el uso de aguas residuales en el riego de cultivos (8).

---

Clase de patógeno	Grado relativo de exceso en la frecuencia de la infección o enfermedad.
1. Nemátodos intestinales: <u>Ascaris</u> spp. <u>Trichuris</u> spp. <u>Ancylostoma</u> spp. <u>Necator</u> sp.	Alto
2. Infecciones bacterianas: diarreas bacterianas cólera tifoidea	Medio
3. Infecciones virales: diarreas virales hepatitis A	Bajo
4. Infecciones producidas por tremátodos y céstodos: esquistosomiasis clonorchiasis teniasis	Entre alto y nulo dependiendo de la práctica particular en la utilización de las excretas y de las circunstancias locales.

---

Durante 1985, a causa de la reunión en Engelberg, Suiza, se introducen por primera vez ideas de calidad helmíntica en aguas residuales tratadas, mencionando que dependiendo del uso que se le dé a ésta serán los valores permisibles de huevos de helmintos (1).

Por lo anterior tiene prioridad: riego de árboles, cultivo de forrajes, árboles frutales y pastizales, que implican una elevada eliminación (mayor de 99%) de huevos de helmintos cuyo propósito es proteger la salud de los trabajadores agrícolas; le sigue en importancia riego de cultivos alimenticios, campos de juego y parques públicos que incluyen los mismos requerimientos

para los huevos de helmintos y una concentración geométrica máxima de un promedio de 1000 coliformes totales por 100 ml., el propósito de este último es proteger la salud de los consumidores de cultivos, principalmente por legumbres (1).

En general, el criterio de calidad de agua residual y de excretas para el riego agrícola, es la completa o casi completa remoción de huevos de nemátodos hasta una media geométrica menor o igual de un huevo viable por litro de agua, una reducción de 1 000 coliformes totales por 100 ml. Si se cumplen estos lineamientos como consecuencia se reducirán huevos de platelmintos y quistes de protozoarios (1).

Vale la pena mencionar, que las anteriores publicaciones son las únicas que consideran importante desde el punto de vista de salud pública y de contaminación a la presencia de huevos de helmintos y quistes de protozoarios parásitos en aguas residuales que tienen como destino el riego agrícola, y la última es la única que propone lineamientos de calidad helmintica.

En México, existen una gran variedad de enfermedades parasitarias, lo cual en la población tiene como consecuencia trastornos gastrointestinales, irritación de mucosa, anemias y desnutrición. La permanencia de parasitosis en el país está asociada con falta de servicios públicos en comunidades rurales, falta de higiene y de educación de la población; sin embargo, éstos no son los únicos factores que determinan esta situación, ya que el uso de aguas residuales de baja calidad microbiológica en el riego de cultivos influye considerablemente en la transmisión de fases infectantes (5, 11 30, 36).

En 1976 en México, se realizaron investigaciones sobre efectos en la salud pública como consecuencia del uso de aguas residuales en el riego de cultivos en los Distritos de Desarrollo 03, Hidalgo (Coxuxi) y en el 88 Estado de México (Xaltocan) comparado con Sayula que no emplea este tipo de aguas (7).

Durante el estudio encontraron que en el Distrito de Desarrollo 03, Hidalgo, el 75% de la comunidad de Coxuxi resultó positiva al examen coproparasitoscópico, el 67% de la población de Xaltocan perteneciente al Distrito de Desarrollo 88 presentó parasitosis; sin embargo, el 71% de la población de Sayula tuvo parásitos; aunque debe considerarse que esta zona de riego no emplea aguas residuales en la irrigación de cultivos (7).

Vale la pena mencionar, que en estos Distritos de Desarrollo la posible participación de la contaminación del agua por los helmintos es mínima en comparación con la participación de padecimientos debido a protozoarios (7).

Debido a que no encontraron relación entre las zonas que utilizan aguas residuales en el riego con la zona que no emplea estas aguas, llegaron a la conclusión de que el uso directo o

indirecto de aguas residuales en el riego agrícola no incrementa la prevalencia de infecciones o enfermedades gastrointestinales por protozoarios y helmintos en las poblaciones referidas (7); sin embargo, en la reunión realizada en Engelberg, Suiza (1) y otros países como la India (30) y Estados Unidos (35), mencionan que la aplicación de agua residual en el riego de cultivos está involucrada con el desarrollo de enfermedades entéricas o con infestaciones parasitarias.

En México, la situación de salud pública es deprimente, la mortandad de la población infantil es ocasionada principalmente por bacterias entéricas, los protozoarios y helmintos ocupan el tercer lugar como causa de mortandad de la población (8).

En el país, la infección por la larva Cysticercus cellulosae disputa con la tuberculosis el primer lugar entre las causas que pueden originar ciertos síndromes de hipertensión intercraneal, además el 2% de más de 4 000 muestras de materia fecal contuvieron huevos de Taenia, la mayor parte de T. solium (11).

En el siguiente cuadro se anotan los principales agentes etiológicos de enfermedades gastrointestinales presentes en el país (8).

Agentes patógenos presentes en México (B).

---

Clase de Patógeno	Morbilidad y Mortandad
<u>Salmonella</u> <u>Shigella</u> <u>Escherichia coli</u> Rotavirus	Entre la población infantil ocupan el primer lugar como causa de muerte (Instituto Mexicano de Pediatría DIF, 1983)
Protozoarios y Helmintos	Ocupan el tercer lugar como causa de morbilidad en México (Gaceta UNAM, Julio/1982).
<u>Entamoeba histolytica</u>	Endémica, es la cuarta causa de morbilidad en la población (SSA 1982).
<u>Giardia lamblia</u>	Alta tasa de morbilidad principalmente en niños
<u>Enterobius vermicularis</u>	Más del 66 % de niños en edad escolar (Gaceta UNAM Julio/1982).
<u>Ascaris lumbricoides</u>	Presente en la tercera parte de la población mexicana. Más del 90 % de la población de zonas tropicales y rurales (Gaceta UNAM Julio/1982).
<u>Trichuris trichiura</u>	Presente en el 81 % de la población de zonas tropicales (Gaceta UNAM Julio/1982).

---

Por lo anterior tiene importancia primordial determinar huevos de helmintos y quistes de protozoarios parásitos en aguas residuales como parámetro adicional para evaluar la calidad microbiológica del agua que se usa en el riego de cultivos.

La lista de organismos de importancia sanitaria que se asocian con enfermedades parasitarias, que estan presentes en aguas residuales, por lo que alteran la calidad microbiológica de suelos y de productos agricolas al ser regados con estas aguas, comprende una gran variedad de quistes de protozoarios y de huevos de helmintos de origen humano y animal tales como: Entamoeba histolytica, Entamoeba coli, Giardia lamblia, Fasciola hepatica, Taenia spp., Ascaris lumbricoides, Ascaris suum, Enterobius vermicularis, Trichuris trichiura, Toxocara spp., Toxascaris leonina, larva de vida libre de Strongyloides stercoralis (4, 18-20, 29-31, 35-36).

Investigaciones realizadas en Berlin determinaron que el agua residual estuvo implicada epidemiológicamente en el curso de infecciones intestinales causadas por quistes de Giardia lamblia, ya que demostraron la presencia de dichos quistes en muestras de agua tratada y cruda (20).

En Dinamarca, en la década de 1960, la frecuencia de Cysticercus bovis en reses fue inferior al 1%, pero se incrementó como consecuencia de contaminación de pastos con heces fecales humanas y por la eliminación de aguas residuales bajo condiciones no salubres, parecido sucedió en otros países como Yugoslavia y Kenia (11).

Estudios de viabilidad realizados en Colorado, Estados Unidos, encontraron que los quistes de Entamoeba histolytica sobreviven en suelo durante ocho días, mientras que en vegetales permanecen tan solo de ocho a doce horas (36).

En el mismo estudio determinaron que los huevos de Ascaris suelen permanecer viables por largos períodos dependiendo del sitio en donde se encuentren por ejemplo, dos años y medio en surco de prado de rogado (4,36) y también en suelo que es regado esporádicamente con aguas residuales, en suelo al cual se le aplica constantemente aguas residuales logran mantenerse viables hasta siete años y, en plantas y frutas tan solo un mes (36).

Vale la pena mencionar, que en aguas superficiales y en las profundas, los huevos de Ascaris lumbricoides permanecen viables durante 22 y 16 meses respectivamente. Pero ni en agua ni en tierra húmeda, eclosionan las larvas maduras. En el ensilado los huevos de Ascaris suum pierden su capacidad de desarrollo al cabo de tres meses (4).

Durante la clarificación de aguas residuales, los huevos de Ascaris lumbricoides sedimentan a las dos horas y al cabo de 60 días en el fango o en el agua residual aún conservan la capacidad de desarrollarse a temperaturas de 2-10 °C. Los huevos que no sedimentan tras la estancia en el agua residual o en el seno de la misma, aún son infectantes (4).

Los huevos de Capillaria spp. en suelos húmedos pueden permanecer viables por lo menos un año, la enfermedad aparece en las aves con mayor frecuencia en los meses húmedos de verano ya que el ciclo biológico se efectúa con mayor rapidéz en verano y otoño que en primavera (4).

Por tales resistencias es muy probable que al consumir productos irrigados con aguas que contengan fases infectantes de los organismos mencionados anteriormente se ocasionen infecciones parasitarias o bien por contacto directo con el agua.

## 2 MATERIAL Y METODOS

### 2.1 Zona de estudio

En México, utilizan aguas residuales en el riego de cultivos en cincuenta y siete zonas agrícolas, de las cuales el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, es el más grande del país y del mundo, por lo que es el Distrito que emplea mayores volúmenes de agua, por tales motivos fue elegida como zona de estudio.

El Distrito se encuentra localizado en el estado de Hidalgo, entre los paralelos 19°43' de latitud Norte, y los meridianos 98°30' de longitud Oeste; su altitud es de 1 030 mts. en la ciudad de Tula y 1 745 mts. en el poblado de Tepenene (14,24).

Sus límites son al Norte la carretera México-Laredo, al Sur la Presa Requena y el poblado de Tequixquiac, al Este la sierra de Actopan y de Chicavasco (lámina 1).

El clima de esta región es templado, semiseco, con invierno y primavera seca sin estación invernal bien definida, temperatura media de 17.5 °C (24). El tipo de suelo que predomina es arcilloso y sus características muestran que no se ha deteriorado por el uso de aguas residuales en la irrigación, sino que ha mejorado (14, 24).

El área total del Distrito de Desarrollo Rural es de 515 211 hectáreas, de las cuales el 13% es agrícola temporal, 47% ganadero, 30% forestal y 36% agrícola de riego (24, 33).

El Distrito de Riego abarca aproximadamente 45 000 hectáreas, las cuales son utilizadas principalmente en el cultivo de alfalfa y maíz, le siguen en importancia trigo, jitomate, chile, cebada, frijol y avena, también se cultivan raíces como ajo, camote, cebolla, papa y zanahoria; hortalizas como calabaza, tomate, lechuga, espinaca y acelga (24, 32).

En este Distrito de Desarrollo Rural, se han venido utilizando aguas residuales provenientes de la ciudad de México con fines de riego agrícola desde principio de siglo, época en que se construyó el gran canal de desagüe, el cual aporta grandes volúmenes de agua (27).

Las principales fuentes de abastecimiento para el riego son: aguas negras superficiales del Río Salado, aguas blancas superficiales de la Presa Requena, aguas mezcladas (blancas y residuales) y aguas provenientes de la Presa Endhó (24, 32).





Las aguas residuales son las que mayor aceptación tienen por parte de los agricultores, debido al contenido de nutrientes, aunque la mayor producción se obtiene cuando se riega con aguas mezcladas, en comparación con aquellas regiones que son irrigadas con aguas residuales (24, 32).

Los rendimientos de cultivos sin uso de fertilizantes son semejantes o superiores a los obtenidos en otros Distritos de Desarrollo Rural donde se han empleado fertilizantes (24, 32).

Con el uso del agua residual en el Valle del Mezquital, se han recuperado suelos para cultivo, de tal manera que en la actualidad es una zona altamente productiva (11, 27).

## 2.2 Estaciones de muestreo

Debido a la magnitud de la obra únicamente se seleccionaron cuatro presas (Requena, Endhó, Rojo Gómez y Vicente Aguirre) y seis puntos en el Canal Principal Requena (Emisor Central, Licuadora, Virgen, Tañhé y Lagunilla), por ser éstos representativos de la zona de estudio ya que las aguas de dichos cuerpos son utilizados para el riego de los principales cultivos del Distrito y además cubre la mayor parte de la zona irrigada.

Las estaciones de muestreo (lámina 2) se mencionan a continuación:

1. Afluente Presa Requena
2. Efluente " "
3. Afluente " Endhó
4. Efluente " "
5. Afluente " Rojo Gómez
6. Efluente " "
7. Afluente " Vicente Aguirre
8. Efluente " "

### Estaciones en el Canal Principal Requena

9. Emisor Central
10. La Licuadora Km 21 + 474
11. La Virgen Km 30 + 209
12. El Tañhé Km 45 + 000
13. El Mexha Km 60 + 000
14. La Lagunilla Km 92 + 000

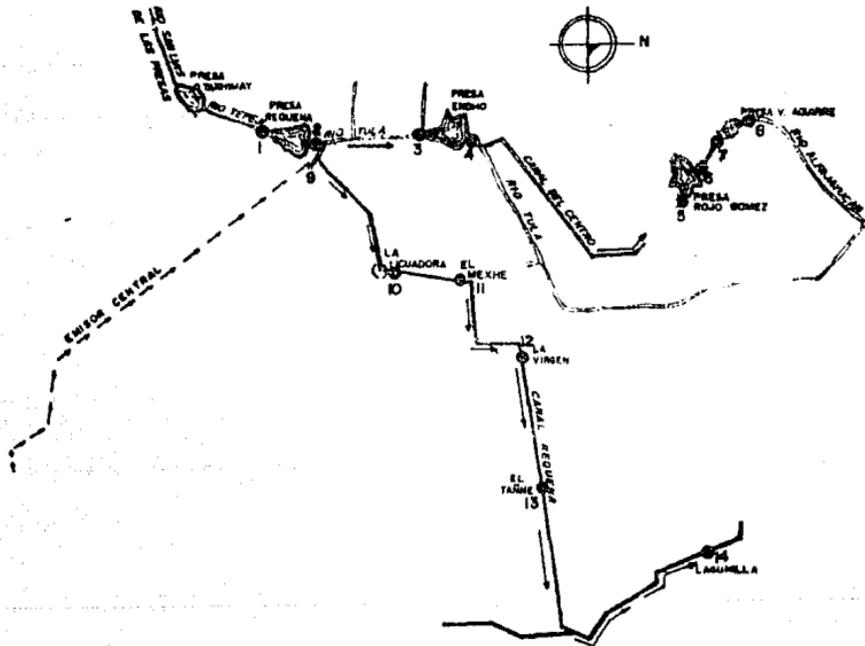


Lámina 2.-Localización de las Estaciones de Muestreo.(8)

### 2.3 Trabajo de campo

La frecuencia de los muestreos fué una vez al mes por cada estación, durante marzo a diciembre de 1987, debido al presupuesto asignado al proyecto, a la magnitud de la obra y por los volúmenes descargados.

En cada estación y por monitoreo la muestra fué tomada donde el agua presentaba flujo laminar y se encontraba en remanso, con cubeta de plástico debido a la accesibilidad del lugar. De aquí se tomaron dos litros de agua y se preservaron con diez mililitros de alcohol polivinílico 0.1%, durante el trabajo de campo y el trayecto al laboratorio, las muestras se mantuvieron a una temperatura aproximada de 4 °C.

Durante el estudio el número de muestras analizadas por estación de muestreo es el siguiente:

Estación de muestreo	Núm. de muestras
Afluente de la Presa Requena .....	9
Efluente de la Presa Requena .....	8
Afluente de la Presa Endhó .....	9
Efluente de la Presa Endhó .....	8
Afluente de la Presa Rojo Gómez .....	9
Efluente de la Presa Rojo Gómez .....	7
Afluente de la Presa Vicente Aguirre .....	9
Efluente de la Presa Vicente Aguirre .....	9
Emisor Central .....	9
La Licuadora Km 21 + 474 .....	8
La Virgen Km 30 + 209 .....	6
El Tañhé Km 45 + 000 .....	8
El Mexhe Km 60 + 000 .....	7
La Lagunilla Km 92 + 000 .....	8
<hr/>	
Total de muestras analizadas	114

### 2.4 Trabajo de laboratorio

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, con asesoría técnica del Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El agua residual es una gran fuente de microorganismos patógenos; sin embargo, para recuperar quistes de protozoarios y huevos de helmintos, hubo necesidad de concentrar la muestra,

haciéndola pasar a través de un filtro de arena de cuatro centímetros de longitud por dos centímetros de diámetro, malla 0.1 a 0.3 mm (Merck).

La muestra se vació en un vaso de precipitado, de aquí se hizo pasar a través del filtro de arena. La arena fue resuspendida en 50 ml de solución salina isotónica, este volumen se dividió en dos partes iguales en tubos de centrifuga de 50 ml de capacidad. A uno se le aplicó la Técnica de Faust y al otro Técnica de Ritchie (11, 12).

#### Técnica de Faust

1. La muestra de agua fue centrifugada a 2 000 rpm durante tres minutos, en centrifuga DAMON/IEC modelo HN-S .
2. Se desechó el sobrenadante y se repitió la operación con solución salina isotónica hasta obtener un sobrenadante claro, el cual se desechó.
3. Al sedimento se le adicionó sulfato de zinc 33%  $d = 1.18$  g/ml, hasta aproximadamente un centímetro antes del borde del tubo para evitar derramamiento, se centrifugó durante tres minutos a 2 000 rpm.
4. Se observó al microscopio con objetivo de 10x en zig-zag tiñendo con lugol parasitológico 0.5 ml del sobrenadante, con el fin de encontrar los organismos presentes, usando portaobjetos de 26 por 76 mm y cubreobjetos de 22 por 22 mm (11-12).

#### Técnica de Ritchie

1. La muestra de agua fue centrifugada durante tres minutos a 2 000 rpm en centrifuga DAMON/IEC modelo HN-S.
2. Se desechó el sobrenadante y se repitió la operación con solución salina isotónica hasta obtener un sobrenadante claro, el cual se desechó.
3. Al sedimento se le adicionó diez mililitros de formol al 10 % (V/V), después de diez minutos se le agregó cinco mililitros de éter, se centrifugó a 1 500 rpm durante dos minutos.
4. Se observó al microscopio con objetivo de 10x en zig-zag, tiñendo con lugol parasitológico 0.5 ml del sedimento, con el fin de encontrar los organismos presentes, usando portaobjetos de 26 por 76 mm y cubreobjetos de 22 por 22 mm (11-12).

## 2.5 Identificación de agentes infecciosos

Para la identificación de las estructuras parasitarias, fueron consideradas las características morfológicas siguientes (5, 6, 11): forma, número de núcleos para diferenciar quistes de Entamoeba histolytica de Entamoeba coli, presencia o ausencia de opérculo, tipo de membrana interna y externa rugosa o lisa para diferenciar huevos de los géneros Toxocara, Toxascaris y de nemátodos del Orden Strongyloidea, el tamaño no fué considerado.

## 2.6 Cálculo de agentes infecciosos

Como se observó al microscopio un mililitro de los 50 ml de muestra concentrada para obtener el número de organismos:

$$\frac{A}{B} \times C = D$$

en donde:

A = número de organismos contados

B = un mililitro de muestra observada

C = 50 ml de muestra concentrada

D = número de organismos en el concentrado

Como los 50 ml de muestra concentrada representan 2 lt de muestra procesada entonces:

$$\frac{D}{2 \text{ lt}} = \text{No. org./lt}$$

Como son expresados los resultados de la tesis.

Para el análisis de resultados se obtuvieron los siguientes parámetros:

- Media aritmética de cada organismo por estación de muestreo.
- Media aritmética por grupo de organismos por estación de muestreo.
- Frecuencia por grupo de organismos.

- Frecuencia de cada organismo.
- Porcentaje de remoción de cada organismo por estación de muestreo
- Porcentaje de remoción por grupo de organismos por estación de muestreo.
- Frecuencia de porcentaje de remoción por sistema.

### 3 RESULTADOS

Las estaciones de muestreo fueron monitoreadas una vez al mes durante el período de marzo a diciembre de 1987. En el estudio se realizó el análisis parasitológico de 114 muestras de agua residual de los afluentes y efluentes de las presas Requena, Endhó, Rojo Gómez y Vicente Aguirre, y del Canal Principal Requena Emisor Central, La Licuadora Km 21 + 474, La Virgen Km 30 + 209, El Tarrhé Km 45 + 000, El Mexhe Km 60 + 000 y La Lagunilla Km 92 + 000 del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo.

Los resultados del mes de Marzo no fueron considerados debido a que fue exploratorio. Con respecto a los resultados de los meses de Noviembre y Diciembre no se consideraron en la obtención del promedio debido a que los valores fueron muy bajos.

La frecuencia de los parásitos recuperados en agua residual que se utiliza en el riego agrícola en el Distrito de Desarrollo 063, Hidalgo se atiene al siguiente orden decreciente, quistes de protozoarios 92%, huevos de nematelmintos 85.2% y huevos de platelmintos 43.1% (Cuadro 1) pág. 76.

Los parásitos recuperados de aguas residuales comprenden una gran diversidad de quistes de protozoarios y huevos de helmintos de importancia sanitaria en México. En el grupo de protozoarios se logró recuperar quistes de Entamoeba histolytica, de Entamoeba coli (fig. 1) y de Giardia spp. (fig. 2) pág. 52.

Del grupo de platelmintos únicamente se recuperaron huevos de Fasciola hepatica (fig. 3) y de Taenia spp. pág. 53.

En el grupo de nematelmintos se recuperaron huevos de: Trichuris spp. (fig. 4), Enterobius vermicularis, Ascaris spp. (fig. 5), Toxocara spp. Toxascaris spp. Capillaria spp. Macracanthorhynchus hirudinaceus (fig. 6) y huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea pág. 54.

Vale la pena mencionar que se recuperaron huevos de organismos de vida libre no identificados y de nemátodos de vida libre, aunque sin importancia médica bien definida.

Durante el estudio, en las estaciones de muestreo se presentaron con mayor frecuencia algunos parásitos de importancia médica, entre éstos en orden decreciente Entamoeba histolytica 67%, Giardia spp. y Ascaris spp. 64.7%, Entamoeba coli 59% (Cuadro 2) pág. 77.

La máxima recuperación de parásitos ocurrió en el mes de junio, en el Emisor Central, cuyos organismos predominaron en orden decreciente: huevos de Toxascaris spp. de Toxocara spp. y quistes de Giardia spp.

En junio, en el Tañhé km 45 + 000 predominó en orden decreciente huevos del Orden Strongyloidea y de Toxascaris spp. quistes de Giardia spp. en menor cantidad quistes de Entamoeba histolytica, huevos de Ascaris spp. y de Toxocara spp. La recuperación mínima de parásitos fue en el mes de diciembre de 1987.

Los Coliformes y Streptococos fecales son los indicadores microbiológicos de calidad de agua comúnmente usados, el valor máximo obtenido de estos organismos en el sistema de presas fue en el Emisor Central que corresponde a  $1 \times 10^7$  y  $1 \times 10^6$  org/100 ml respectivamente así mismo el valor máximo de huevos de nematelmintos y de platelmintos fue obtenida en la misma estación adquiriendo un valor de 3 668.5 y 339.2 huev./lt respectivamente (Lámina 3) pág. 54.

El valor de estos organismos indicadores disminuye en el agua cuando pasa a través de presas y alcanzan el mínimo valor en el efluente de la Presa Vicente Aguirre. Los quistes de protozoarios en la única estación que no coincide su comportamiento con indicadores bacteriológicos es en el Emisor Central y en el Afluente de la Presa Rojo Gómez ya que el valor de disminuye y aumenta, respectivamente; sin embargo, al igual que los demás organismos el valor mínimo lo alcanza en la misma estación (Lámina 3) pág. 56.

En el sistema de presas el comportamiento de los parásitos como índices de calidad microbiológica del agua se asemeja bastante al comportamiento con los Coliformes y Streptococos fecales (lámina 3); sin embargo, en el Canal Principal Requena el comportamiento de los parásitos con respecto a los indicadores bacteriológicos no es tan parecido, lo cual es debido a contribuciones no controladas y evaluadas en los canales de riego (lámina 4) pág. 57.

Un grupo de organismos puede ser considerado como indicador microbiológico cuando cumple con ciertas propiedades. Los quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos, solamente no cumplen con dos de ellas (cuadro 3), 1) su desaparición no es tan rápida posterior a microorganismos patógenos, 2) son patógenos a humanos y animales.

Aunque el agua no es un medio propicio para el desarrollo de fases infectantes, el suelo sí puede serlo bajo ciertas características para algunos géneros de parásitos, lo cual trae como consecuencia contaminación de cultivos y por lo tanto infección parasitaria de operadores y consumidores; sin embargo, presenta ventajas sobre indicadores bacteriológicos, ya que no se reproducen fuera del hospedero, mientras que algunas bacterias llegan a hacerlo en el agua.

El Emisor Central es la estación que contribuye con el mayor número de quistes de Entamoeba histolytica 207 quistes./lt y de Entamoeba coli 117.8 quistes./lt. (lámina 5); sin embargo, en el Tañhé Km 45 + 000 hay mayor aportación de quistes de Entamoeba coli 183.3 quistes./lt. (lámina 6) pág. 59.

De los quistes de Giardia spp. hay aportaciones considerables por el Emisor Central 628.6 quistes./lt. sin embargo, la mayor contribución se presenta en el Afluente de la Presa Rojo Gómez 942.8 quistes./lt. (lámina 5) y en el Tañhé Km 45 + 000 2 162 quistes./lt. (lámina 7) pág. 60.

Los platelmintos recuperados fueron Fasciola hepatica y Taenia spp., el Emisor Central es la estación en la cual hubo mayor recuperación, 235.7 hue./lt. de ambos parásitos, tanto en el Sistema de Presas como en el Canal Principal Requena (lámina 8 y 9) pág. 61 y 62.

Huevos de Trichuris spp. (lámina 10), las mayores aportaciones ocurrieron en el Afluente de la Presa Rojo Gómez 121.4 hue./lt. (lámina 10) y en la Licuadora Km 21 + 474 con 62.5 hue./lt. (lámina 11). La mayor recuperación de huevos de Enterobius vermicularis (lámina 10) fue en el Efluente de la Presa Rojo Gómez 37.5 hue./lt. y de 125 huev./lt. en el Mexhe km 60 + 000 (lámina 11) pág. 64.

El Afluente de la Presa Endhó (lámina 12) y la Licuadora Km 21 + 474 (lámina 13), son las estaciones en donde la recuperación de huevos de Ascaris spp. fue mayor, 239.2 hue./lt. y 687 hue./lt. respectivamente pág. 65 y 66.

Tanto en el Sistema de Presas como en el Canal Principal Requena, la mayor aportación de huevos de Toxocara spp. (láminas 14 y 15) es por el Emisor central 1 310.7 hue./lt pág. 67 y 68.

Huevos de Toxascaris spp. es uno de los géneros que mayor recuperación hubo 1 692.8 hue./lt. la mayor aportación es por Emisor Central, tanto en el Sistema de Presas como en el canal Principal Requena (láminas 16 y 17) pág. 69 y 70.

Huevos de Capillaria spp. y Macracanthorhynchus hirudinaceus, solamente se recuperaron en el Canal Principal Requena, a partir de la Licuadora Km 21 + 474 (lámina 18), siendo esta estación donde mayor aportación hubo 1 275 hue./lt. de Capillaria spp. y 600 hue./lt. de M. hirudinaceus pág. 71.

Los huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea son los que se presentaron en mayor cantidad con respecto a los demás parásitos, las mayores contribuciones son originadas en el Afluente Presa Endhó (lámina 19) y en la Virgen Km 30 + 209 (lámina 20) con valores de 2 421 hue./lt y 4 490 hue./lt respectivamente pág. 72 y 73.

La mayor recuperación de huevos y nemátodos de vida libre, (lámina 21), fue en el Efluente de la Presa Endhó 404 hue./lt. y 404 org./lt respectivamente. En tanto que en el Canal Principal Requena la mayor recuperación de huevos de organismos de vida libre fue en el Mexhe Km 60 + 000 con 587.5 hue./lt. y en el Emisor Central de nemátodos de vida libre 82.1 org./lt. (lámina 22) pág. 74 y 75.

Durante el mes de Noviembre de los agentes infecciosos que mayor aportación hubo fueron huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea en el Emisor Central 4 025 hue./lt., Giardia spp. 350 quis./lt. en la Licuadora Km 21 + 474, Toxocara spp. 400 huev./lt. en el Afluente de la Presa Endhó, 250 quis./lt. de Entamoeba coli en la Virgen Km 30 + 209, 200 quis./lt de E. histolytica en el Emisor Central, 25 huev./lt de Ascaris spp. en el Emisor Central, Afluente de la Presa Endhó y en el Tañhé Km 45 + 000, 150 org./lt de nemátodos de vida libre en la Licuadora Km 21 + 474.

La recuperación de agentes infecciosos fue muy baja en el muestreo efectuado en el mes de diciembre, ya que solamente se recuperó: 375 quis./lt. de Entamoeba coli y 75 quis./lt de Entamoeba histolytica en el Tañhé Km 45 + 000 y en la Lagunilla Km 92 + 000, 50 huev./lt de Ascaris spp. en la Licuadora Km 21 + 474 y en el Tañhé Km 45 + 000, 25 huev./lt de Toxocara spp. en el Emisor Central y en el Tañhé Km 45 + 000, 25 huev./lt del Orden Strongyloidea en el Afluente de la Presa Endhó y en la Lagunilla Km 92 + 000, 1 550 org./lt de nemátodos de vida libre en el Efluente de la Presa Requena.

La remoción de quistes de Entamoeba histolytica de afluente al efluente Presa de la Requena y Endhó es de 100 %; sin embargo, del Emisor Central hacia el Afluente de la Presa Endhó la remoción disminuye hasta 27.5 %, del afluente al efluente de la Presa Rojo Gómez no hay remoción y del afluente a efluente de la Presa Vicente Aguirre la remoción es de 60.8 % (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena sólo hay remoción del Emisor Central a la Licuadora Km 21 + 474 y de la Virgen Km 30 + 209 al Tañhé Km 45 + 000 87.9 % y 41% respectivamente, en las demás estaciones hubo contribuciones (Cuadro 5) pág. 79 y 80.

Los quistes de Entamoeba coli son removidos en un 100 % del afluente al efluente de la Presa Requena, pero a partir del Emisor Central hasta Efluente Presa Rojo Gómez la remoción disminuye adquiriendo los siguientes valores: 57.5 % en el Afluente Presa Endhó, 41.6 % en el Efluente de la Presa Endhó, 0% en Efluente Presa Rojo Gómez; sin embargo, al Afluente Presa Vicente Aguirre los quistes que salieron de la Presa Rojo Gómez no llegan (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena, la máxima remoción es en el Emisor Central de 71.7%, y disminuye a 69.9%, 50 %, y 40.9% en la Virgen Km 30 + 209, Mexhe Km 60 + 000 y Lagunilla Km 92 + 000 respectivamente (Cuadro 5) pág. 80.

La remoción de quistes de Giardia spp. aumenta a medida que pasa el agua a través de las presas, lográndose una remoción de 100 % en el Efluente Presa Vicente Aguirre (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena la remoción es de 94.4 % en la Lagunilla Km 92 + 000 (Cuadro 5) pág. 80.

El platelminto que mayor remoción tuvo fue Fasciola hepatica hasta 100 % en el Efluente de la Presa Requena, pero disminuye hasta 34.8 % en el Afluente de la Presa Endhó; sin embargo, se incrementa hasta 94.5 % y 100 % en el Efluente de la Presa Endhó y Rojo Gómez, respectivamente (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena la máxima remoción se obtiene en la Virgen Km 30 + 209 82.4 % y a lo largo de los canales ésta disminuye a 41.8 % en el Mexhe Km 60 + 000, en la Lagunilla Km 92 + 000 a 72.2 % (Cuadro 5).

La remoción que alcanzan los huevos de Taenia spp. en el Afluente de la Presa Endhó es de 45.8 %; sin embargo, el 100 % de remoción se logra desde el Afluente de la Presa Rojo Gómez hasta el Efluente de la Presa Vicente Aguirre (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena, la remoción es de 100 % en la Licuadora Km 21 + 474, que disminuye en el Tañhé Km 45 + 000 a 32.8 % y se incrementa en la Lagunilla Km 92 + 000 a 100 %, en la Virgen Km 30 + 209 y en el Mexhe Km 60 + 000 no hubo remoción (Cuadro 5).

Los huevos de Trichuris spp. no presentan remoción en las primeras estaciones de muestreo, sino hasta el efluente de la Presa Endhó de 50 %, a partir de esta estación se incrementa a 58.8 % y 100 % en los afluentes de las Presas Rojo Gómez y Vicente Aguirre, respectivamente (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena solamente hubo remoción en la Virgen Km 30 + 209 y en la Licuadora Km 21 + 474 de 60 % y 49.2 % respectivamente, en las demás estaciones hubo aportaciones de este parásito (Cuadro 5).

La remoción de huevos de Enterobius vermicularis se incrementa a medida que el agua atraviesa por las presas desde cero hasta 16.8 % en el efluente de la Presa Endhó. En el Efluente de la Presa Rojo Gómez hubo contribución; sin embargo, en el afluente de la Presa Vicente Aguirre no fluyen huevos de éste organismo (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena durante el paso del agua a través de los canales de riego hay aportaciones, pero en la última estación la Lagunilla Km 92 + 000 se obtiene el 100 % de remoción (Cuadro 5).

La remoción de Ascaris spp. es del 100% en el afluente de la Presa Requena; sin embargo, esta disminuye a 73.8% y 72.7% en los afluentes de las presas Endhó y Rojo Gómez respectivamente, pero aumenta al 100% en el afluente de la Presa Vicente Aguirre (Cuadro 4), el comportamiento de estos huevos en el Canal Principal Requena, es crítico ya que la remoción disminuye desde

76.7 % en la Virgen Km 30 + 209, en el Tañhé km 45 + 000 hay contribución, 34.9% de remoción en el Mexhe Km 60 + 000 y 5.8% en la Lagunilla Km 92 + 000 (Cuadro 5) pág. 80.

Los huevos de toxocara spp. alcanzan remoción de 100 % en el afluente de la Presa Requena, disminuye a 89.1 %, 53.3 % en el afluente y efluente de la Presa Endhó respectivamente, finalmente se incrementa hasta 100 % en los efluentes de las presas Rojo Gómez y Vicente Aguirre (Cuadro 4). La remoción de estos huevos en el canal Principal Requena disminuye desde 70.8 % en la Licuadora Km 21 + 474 a 37.3 % en la Virgen Km 30 + 209, 34.1 % en el Tañhé Km 45 + 000 y se incrementa en la Lagunilla km 92 + 000 a 75.4 % (Cuadro 5).

Toxascaris spp. obtiene remoción de 100 % en los efluentes de las presas Requena, Rojo Gómez y Vicente Aguirre, la mínima remoción es de 56 % en el efluente de la Presa Endhó (Cuadro 4). Los porcentajes de remoción en el Canal Principal Requena disminuye desde 81.5 % en la Licuadora Km 21 + 474, 7.2 % en la Virgen Km 30 + 209, 12.4 % en el Tañhé Km 45 + 000 y 59.3% en la Lagunilla Km 92+ 000 (Cuadro 5).

Capillaria spp. y M. hirudinaceus solamente se presentan en el Canal Principal Requena, la remoción de los huevos de Capillaria spp. disminuye a lo largo de algunas estaciones del canal y adquiere porcentajes de remoción de 98 % en la Virgen Km 30 + 209, en el Mexhe Km 60 + 000 63.6 % y en la Lagunilla Km 92 + 000 100 %, para M. hirudinaceus, la máxima remoción es de 92.5 % en la Virgen Km 30 + 209 y la mínima es de 75 % en el Mexhe Km 60 + 000; sin embargo, en las demás estaciones de muestreo hubo contribución (Cuadro 5).

Los huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea se reducen hasta el 91 %, y 100 % en los efluentes de las presas Requena y Rojo Gómez respectivamente, en el afluente de la Presa Endhó y efluente de la Presa Vicente Aguirre hay aportación (Cuadro 4). En las primeras estaciones del Canal Principal Requena en la Licuadora Km 21 + 209 y la Virgen Km 30 + 000 hubo contribución, pero a partir del Tañhé Km 45 + 000 se incrementa a 7 %, en el Mexhe Km 60 + 000 a 27.3 % en la Lagunilla Km 92 + 000 a 96.4 % (Cuadro 5).

Los huevos de nemátodos de vida libre, son removidos hasta el 100% en el Afluente de la Presa Endhó, en tanto que en el efluente de la misma y de la Presa Rojo Gómez hubo aportaciones (Cuadro 4). En el Canal Principal Requena la remoción es inconstante, ya que aumenta y disminuye a lo largo de las estaciones obteniendo un valor máximo de remoción de 87.2% en la Lagunilla Km 92 + 000 (Cuadro 5).

En el Afluente de la Presa Requena, la remoción de nemátodos de vida libre es de 16 %, en los afluentes de las presas Endhó y Vicente Aguirre es de 100% (Cuadro 4). En la Virgen

Km 30 + 209 hubo contribución, en el Tañhé Km 45 + 000 aumenta al 5.6 %, en el Mexhe Km 60 + 000 a 64.6 % y en la Lagunilla Km 92 + 000 a 100 % (Cuadro 5) pág. 80.

En el caso de la remoción por grupo de parásitos, se obtiene que los quistes de protozoarios en el efluente de la Presa Requena es de 77.8 %, en el afluente y efluente de la Presa Endhó disminuye la remoción a 56.1 % y 58.9 % respectivamente, se incrementa en el afluente de la Presa Rojo Gómez a 88.2 % y disminuye a 84.2 % en el afluente de la Presa Vicente Aguirre (Cuadro 6) pág. 81.

Los huevos de platelmintos obtienen remoción de 100 % en el efluente de la Presa Requena que disminuye en el afluente de la Presa Endhó a 41 % y aumenta a 75 % y 100 % en los efluentes de las presas Endhó y Rojo Gómez respectivamente (Cuadro 6).

En el efluente de la Presa Requena, para los huevos de nematelmintos se obtiene remoción de 93.8 %, el cual decrece en el afluente de la Presa Endhó a 19.8 %, en el afluente de de la misma se incrementa a 55.7%, aumenta a 67.5%, 91.2% en el efluente de las Presas Rojo Gómez y Vicente Aguirre respectivamente (Cuadro 6).

La remoción de quistes de protozoarios en las estaciones del canal Principal Requena es de 51.7 % y 92.4 % en la Licuadora Km 21 + 474 y Mexhe Km 60 + 000 respectivamente, en la Virgen Km 30 + 209 y en el Tañhé Km 45 + 000 no hubo remoción (Cuadro 7) pág. 82.

En la Licuadora Km 21 + 474 la remoción de huevos de platelmintos es de 49.6 % que disminuye en la Virgen Km 30 + 209, en el Mexhe Km 60 + 000 a 41.4 % y 33.3 % respectivamente, pero se incrementa en la Lagunilla Km 92 + 000 a 80.7 %, mientras que en el Tañhé Km 45 + 000 no hubo remoción (Cuadro 7).

Los huevos de nematelmintos en la Virgen Km 30 + 209 y en el Mexhe Km 60 + 000 alcanzan remoción de 17.4 %, que aumenta en la Lagunilla Km 92 + 000 a 86.3 %, en tanto que en la Licuadora Km 21 + 474 y en el Tañhé Km 45 + 000 no hubo remoción (Cuadro 7).

Al final del sistema de presas; es decir en el efluente de la Presa Vicente Aguirre, se obtiene agua de mejor calidad microbiológica, ya que con excepción de quistes de Entamoeba histolytica y huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea, los demás parásitos son removidos al 100% (Cuadro 4), en tanto que al final del sistema del Canal Principal Requena sólo se alcanza remoción del 100% en huevos de Enterobius vermicularis, Taenia spp., Capillaria spp. y de nemátodos de vida libre (Cuadro 5).

La distribución del 100 % se presenta con mayor frecuencia en el sistema de presas con un valor de 18; en tanto que en el Canal Principal requena es de dos, sin embargo la frecuencia de remoción del intervalo de 90 a 99% es mayor en el canal Principal Requena con valor de 6 y en el sistema de presas es de 4. En general la mayor eficiencia de remoción se obtiene en el sistema de presas (Cuadro 8) pág. 83.

QUISTES DE PROTOZOARIOS Y HUEVOS DE HELMINTOS PARASITOS  
RECUPERADOS DE AGUA RESIDUAL DEL DISTRITO DE DESARROLLO  
RURAL 063, HIDALGO EN 1987

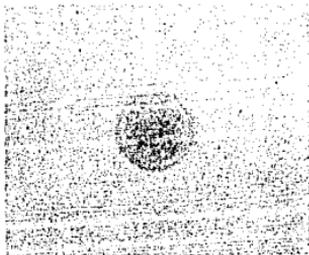


Fig. 1 Quiste de Entamoeba coli, se observa el cario-soma excéntrico y cinco núcleos, los demás se encuentran en otro plano. Amplificado 485 veces.

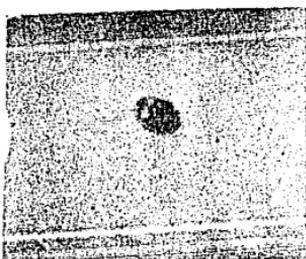


Fig. 2-A

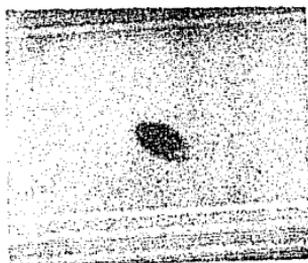


Fig. 2-B

Fig. 2 Quistes de Giardia spp.

Fig. 2-A Muestra la membrana del quiste muy delgada, citoplasma retraído, además dos núcleos muy claros. - Amplificado 1000 veces.

Fig. 2-B Muestra citoplasma retrído, en tanto que los nú--no se observan. Amplificado 1200 veces.

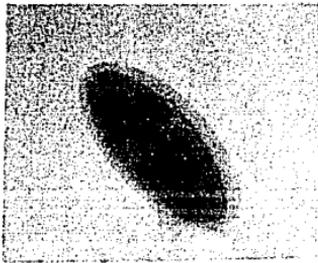


Fig. 3 Huevo de *Fasciola hepatica*, puede observarse un sólo opérculo característico del huevo de este trematodo. Amplificado 496 veces.



Fig. 4 Huevo de *Trichuris* spp., como puede observarse las prominencias bipolares características. Amplificado - 148 veces.

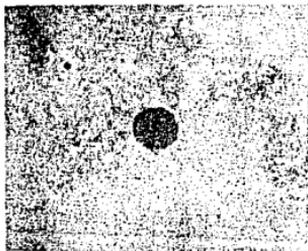


Fig. 5-A

Amplificados 107 veces

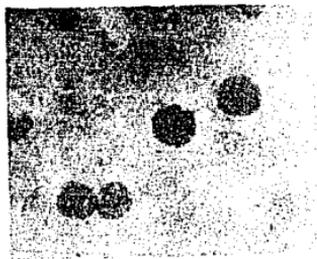


Fig. 5-B

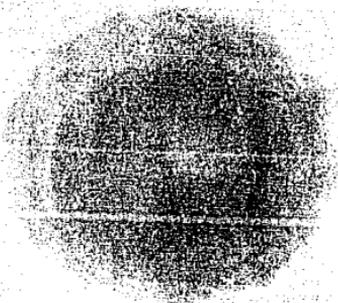


Fig. 5-C

Fig. 5 Huevos de Ascaris spp.

Puede observarse claramente la membrana de albúmina y forma característica de corcholata aplana da del huevo de este nemátodo. Amplificado 867 veces.

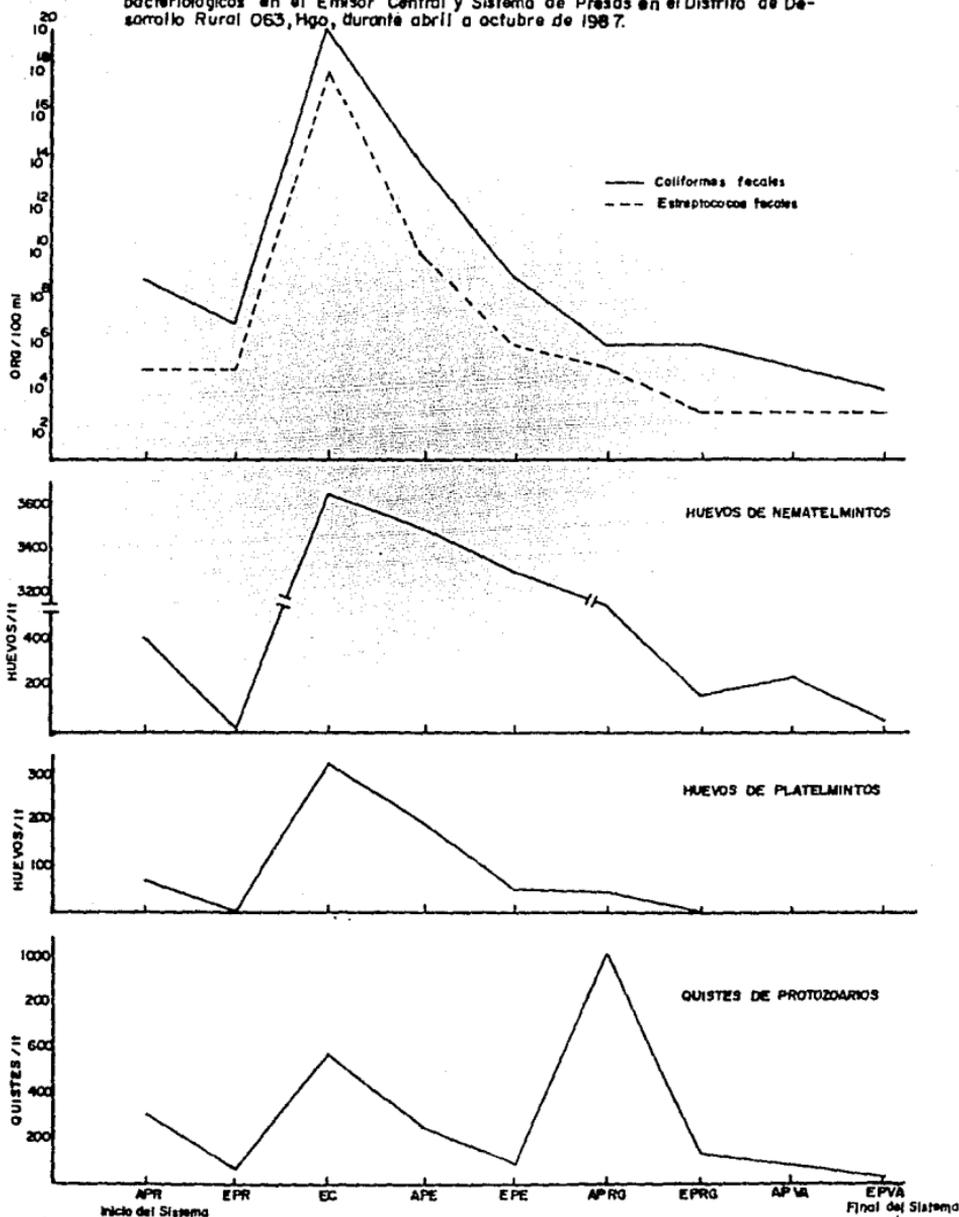


Fig. 6 Huevo de Macracanthorhynchus hirudinaceus muestra forma ovoide con varias capas. - Amplificado 240 veces.



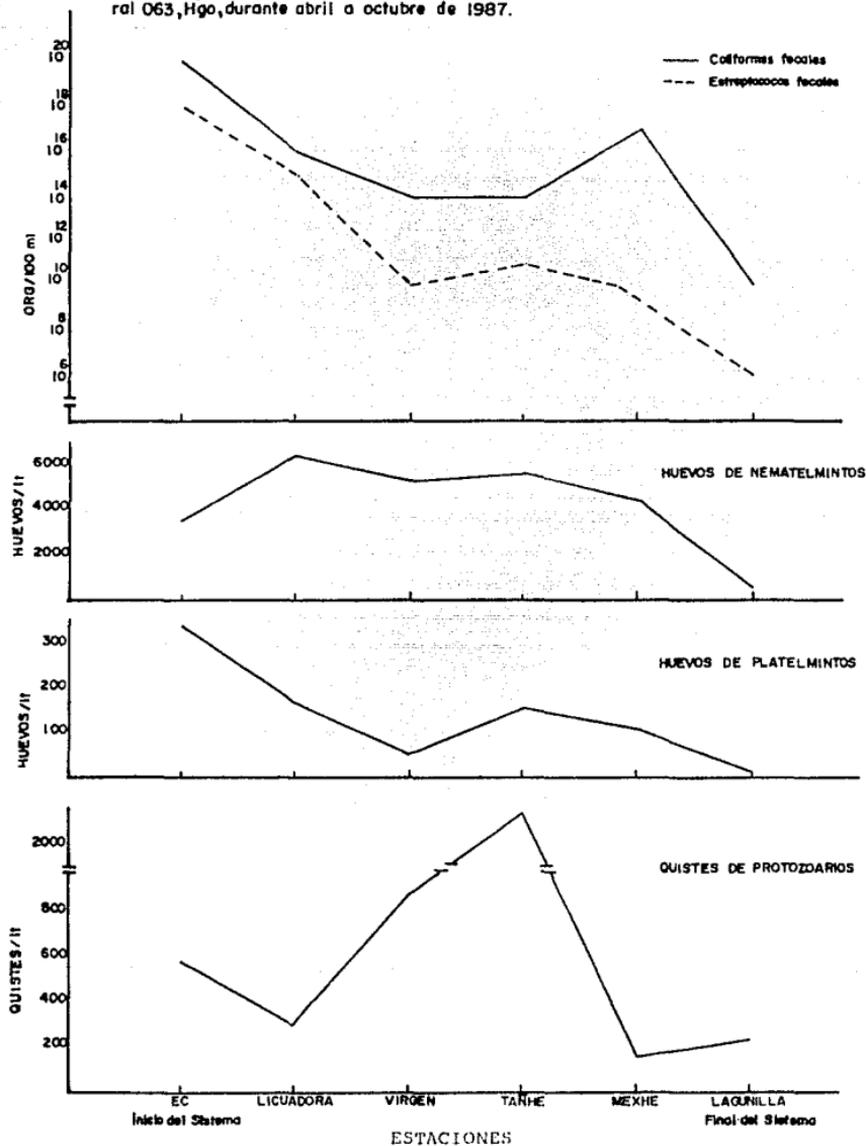
Fig. 7 Huevo de nemátodo no identificado, el cual se encuentra larvado como puede observarse. Amplificado 453 veces.

Lámina 3.- Comparación de parásitos como índices de calidad microbiológica con indicadores bacteriológicos en el Emisor Central y Sistema de Presas en el Distrito de Desarrollo Rural 063, Hgo, durante abril a octubre de 1967.



APR=Afluente presa requeña EPE=Afluente presa requeña EC=Emisor central APE=Afluente presa endho  
 EPE=Afluente presa endho APRG=Afluente presa rojo gomez EPRG=Afluente presa rojo gomez  
 APVA=Afluente presa vicente aguirre EPVA=Afluente presa vicente aguirre.

Lámina 4.-Comparación de parásitos como índice de calidad microbiológica con indicadores bacteriológicos en el Canal Principal Requena en el Distrito de Desarrollo Rural 063,Hgo,durante abril a octubre de 1987.



Lamina 5. Media de Quistes de Entamoeba histolytica, Entamoeba coli y Giardia sp. obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

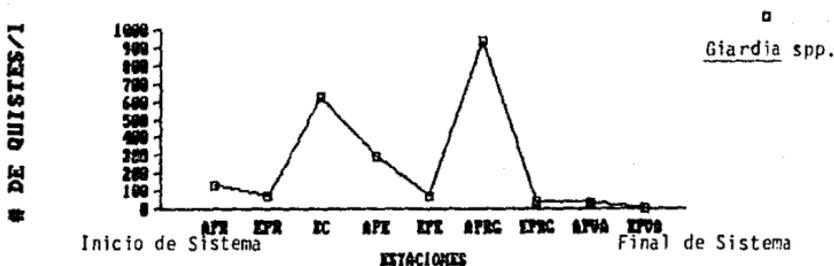
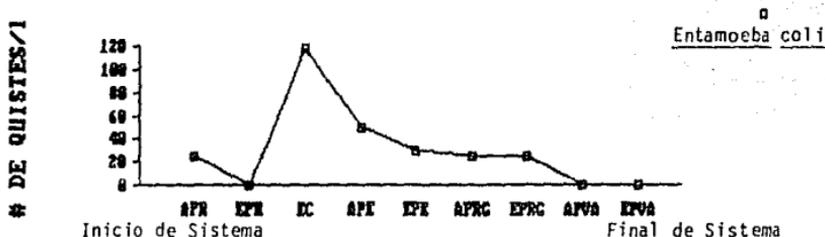
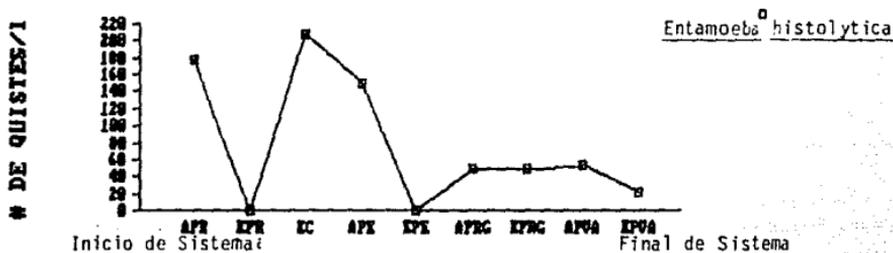
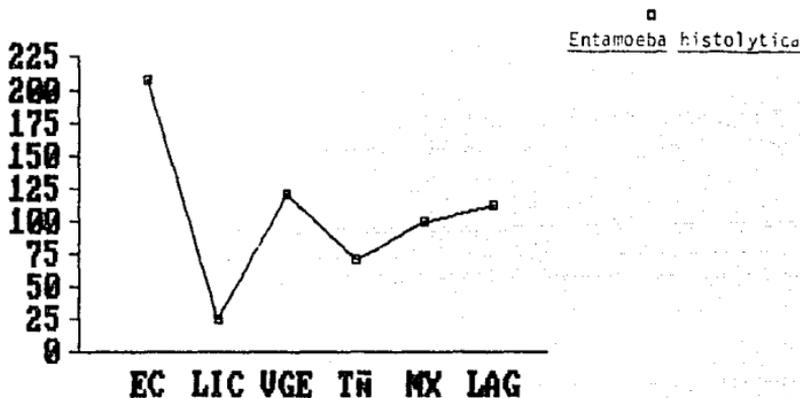
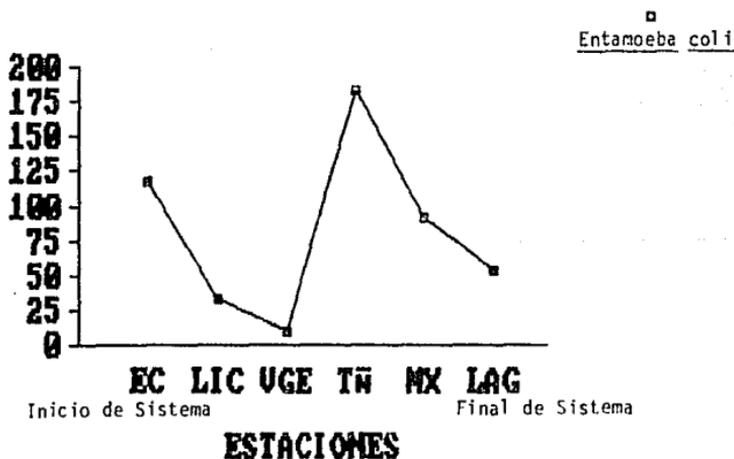


Lámina 6. Media de quistes de Entamoeba histolytica, Entamoeba coli, obtenida en el canal principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, obtenidas durante abril a octubre de 1987.

# DE QUISTES/L



# DE QUISTES/L



Inicio de Sistema Final de Sistema

ESTACIONES

Lámina 7. Media de quistes de Giardia spp., obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

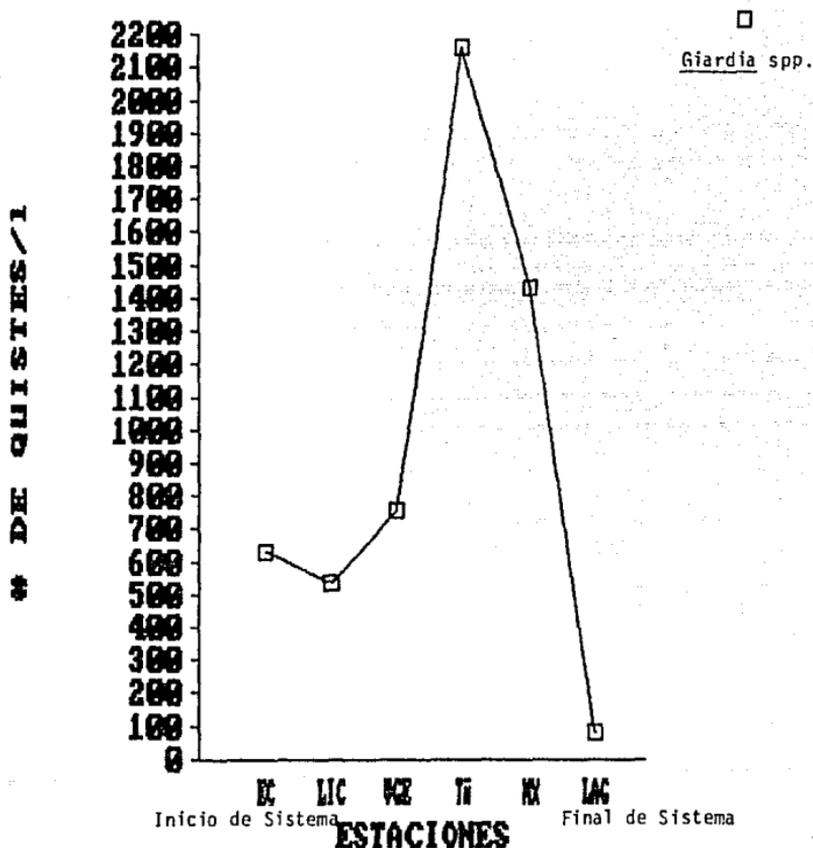
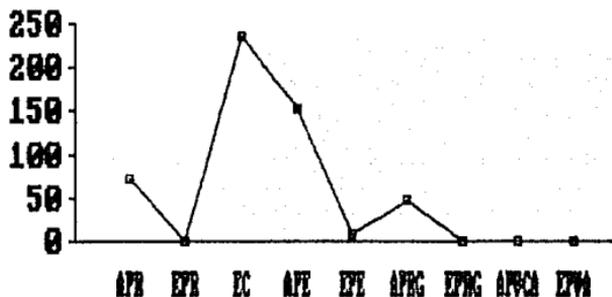


Lámina 8. Media de huevos de Fasciola hepatica y Taenia spp., obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

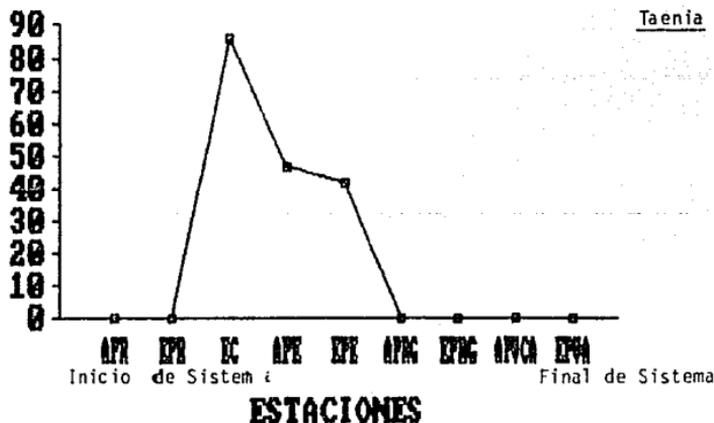
# DE HUEVOS/L

Fasciola hepatica



# DE HUEVOS/L

Taenia spp.



Inicio de Sistema Final de Sistema

ESTACIONES

Lamina 9. Media de huevos de Fasciola hepatica y Taenia spp obtenida en el canal principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante el periodo de abril a octubre de 1987.

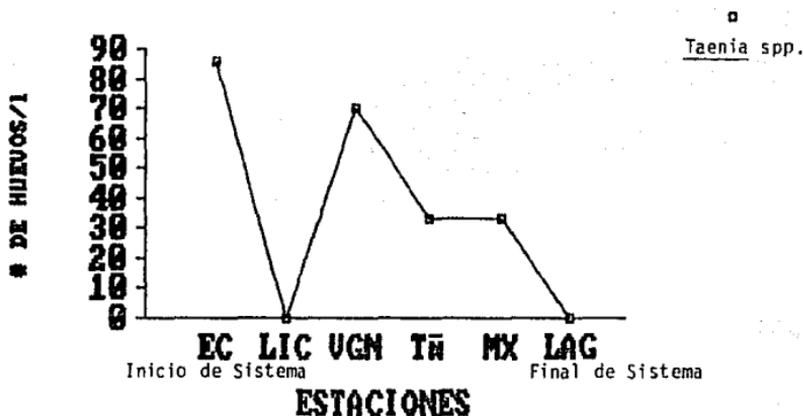
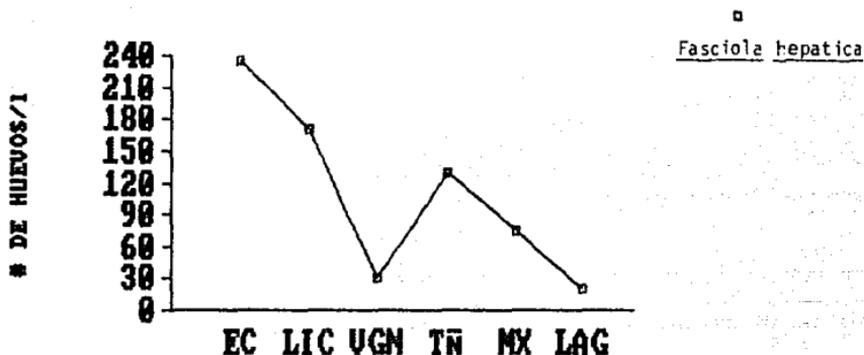


Lámina 10. Media de huevos de Trichuris spp. Enterobius vermicularis, obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

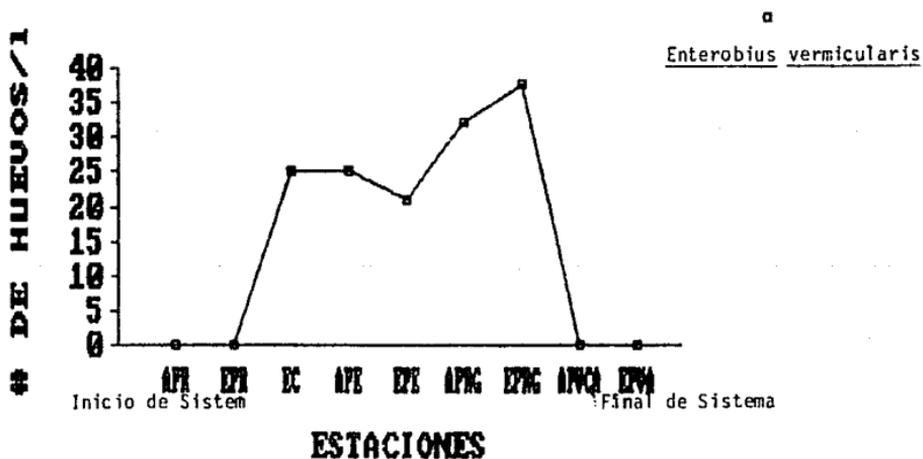
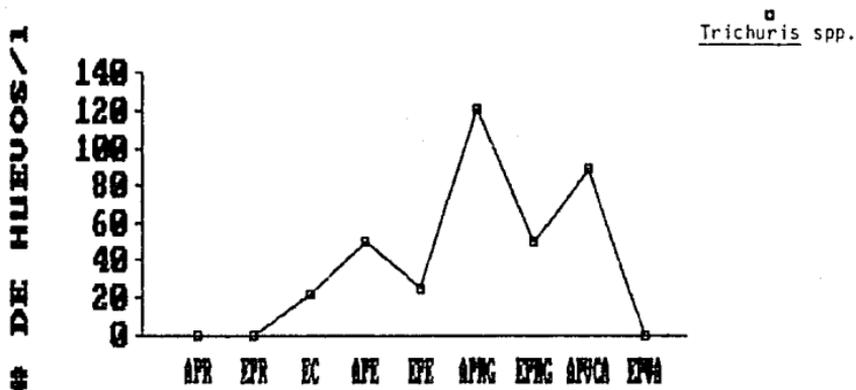
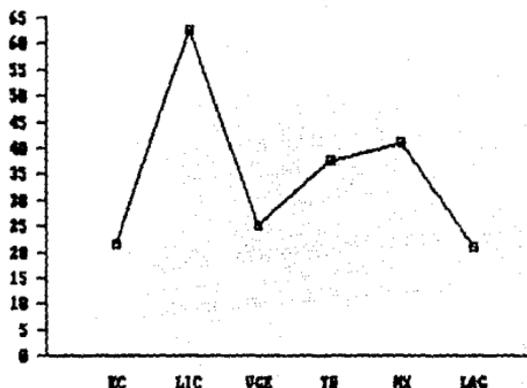
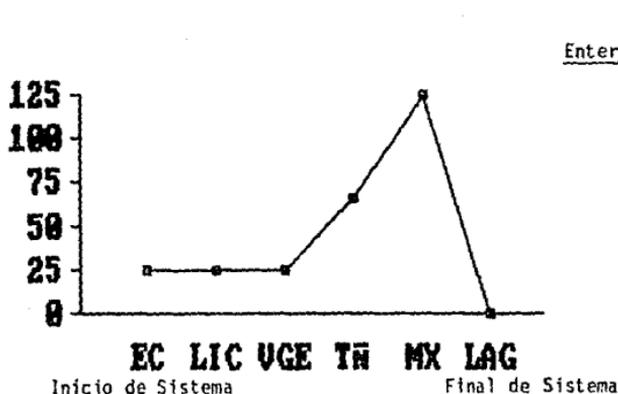


Lámina 11. Media de Huevos de Trichuris spp. y Enterobius vermicularis, obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

# DE HUEVOS/L

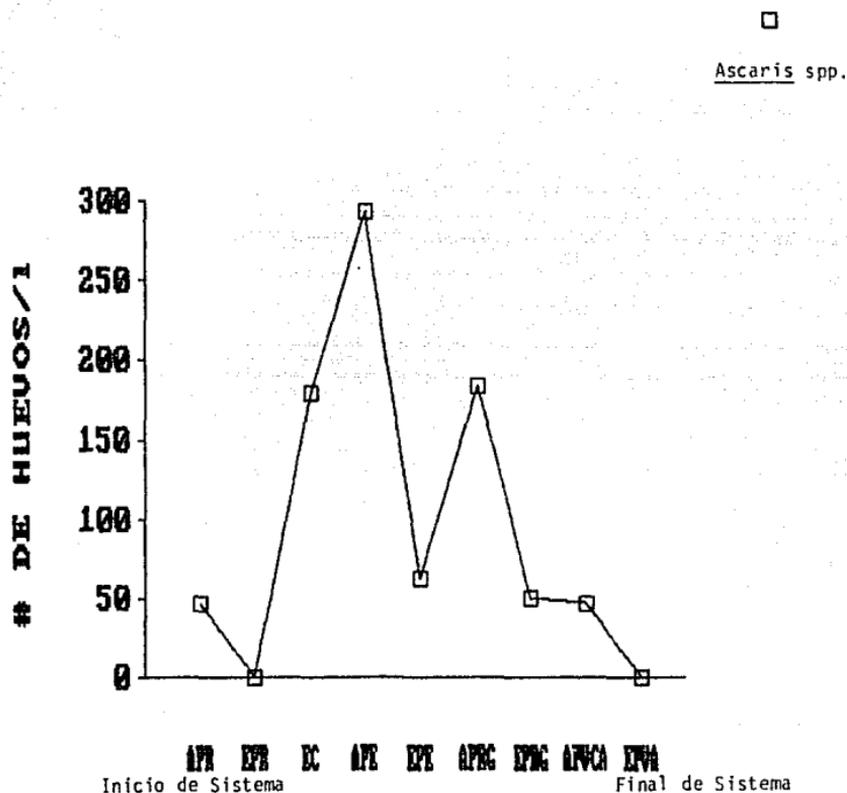


# DE HUEVOS/L



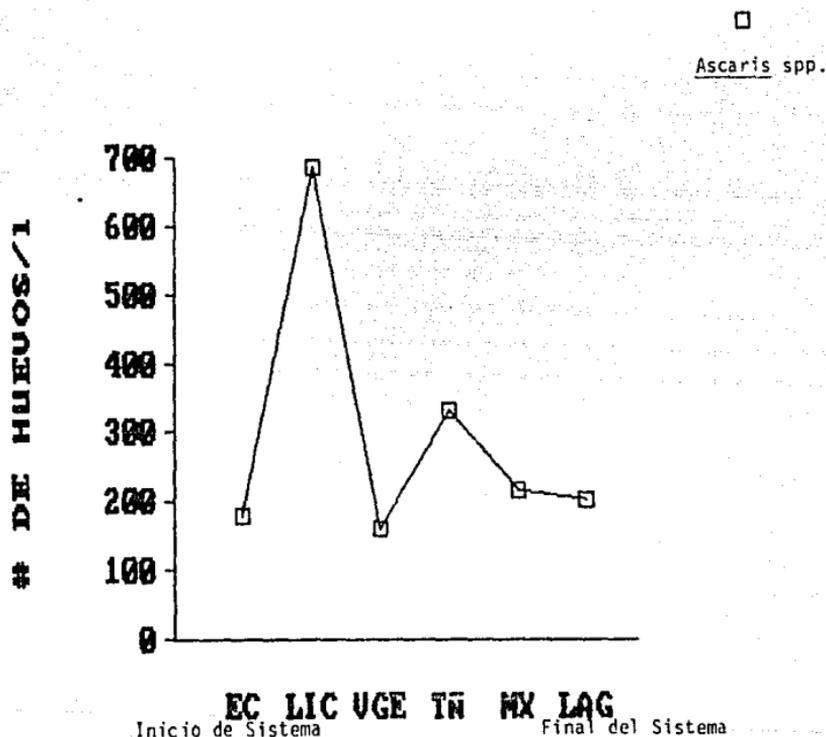
**ESTACIONES**

Lámina 12. Media de huevos de Ascaris spp., obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.



### ESTACIONES

Lámina 13. Media de huevos de Ascaris spp., obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.



**ESTACIONES**

Lámina 14. Media de huevos de Toxocara spp., obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

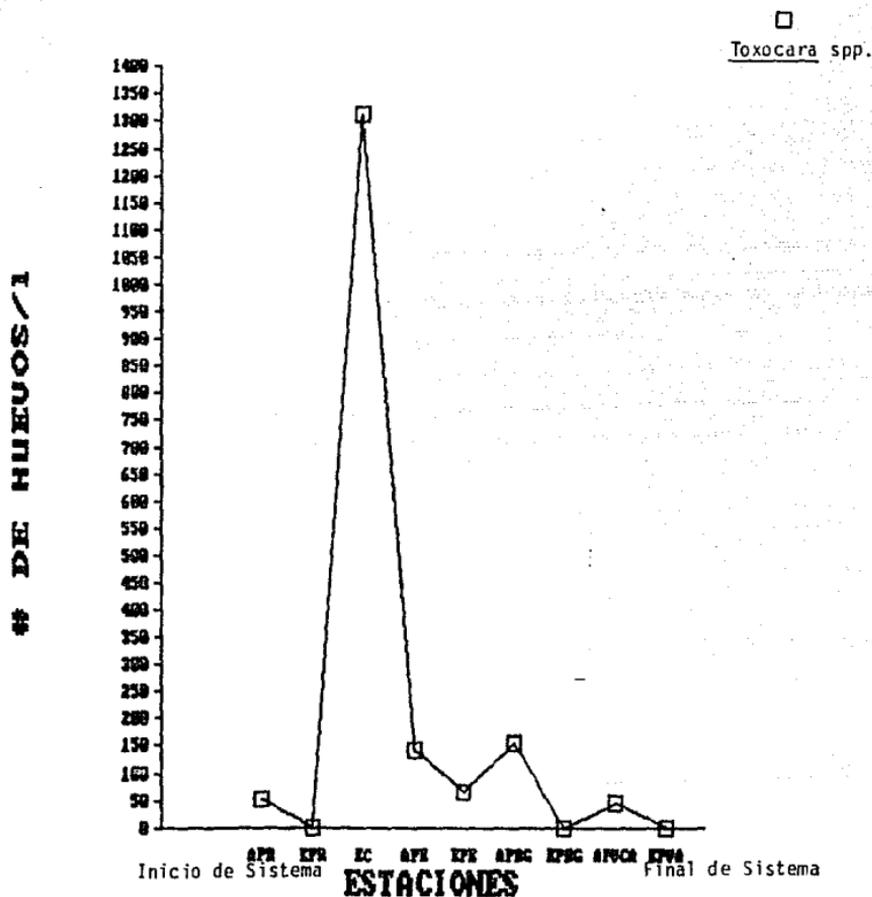


Lámina 15. Media de huevos de Toxocara spp., obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

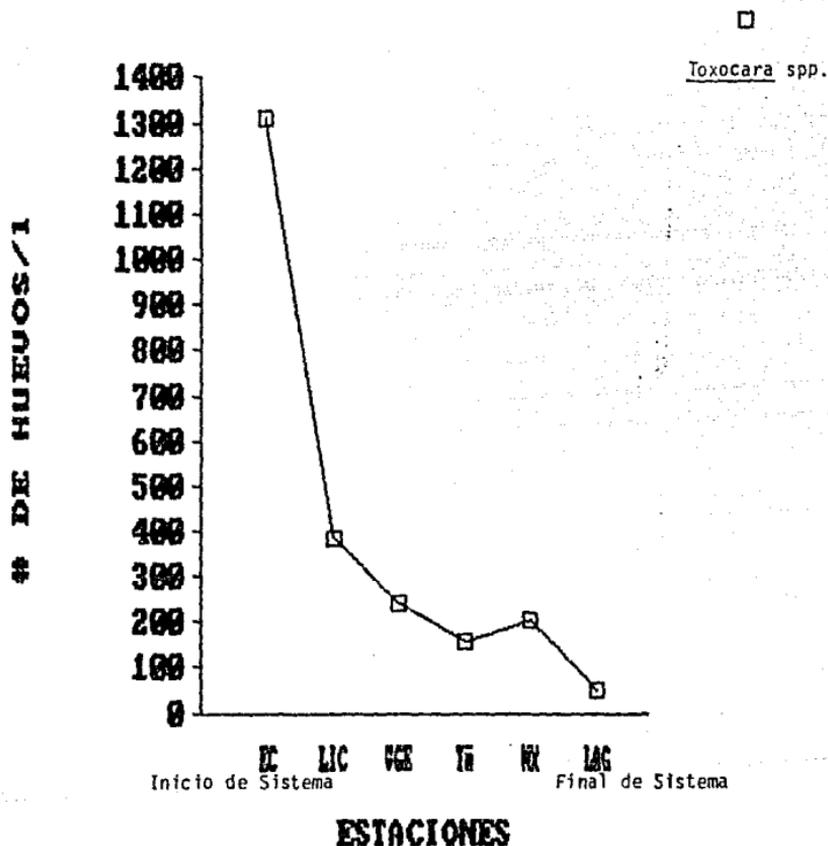


Lámina 16. Media de huevos de Toxascaris spp., obtenida en el Emisor Central y en el sistema de presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

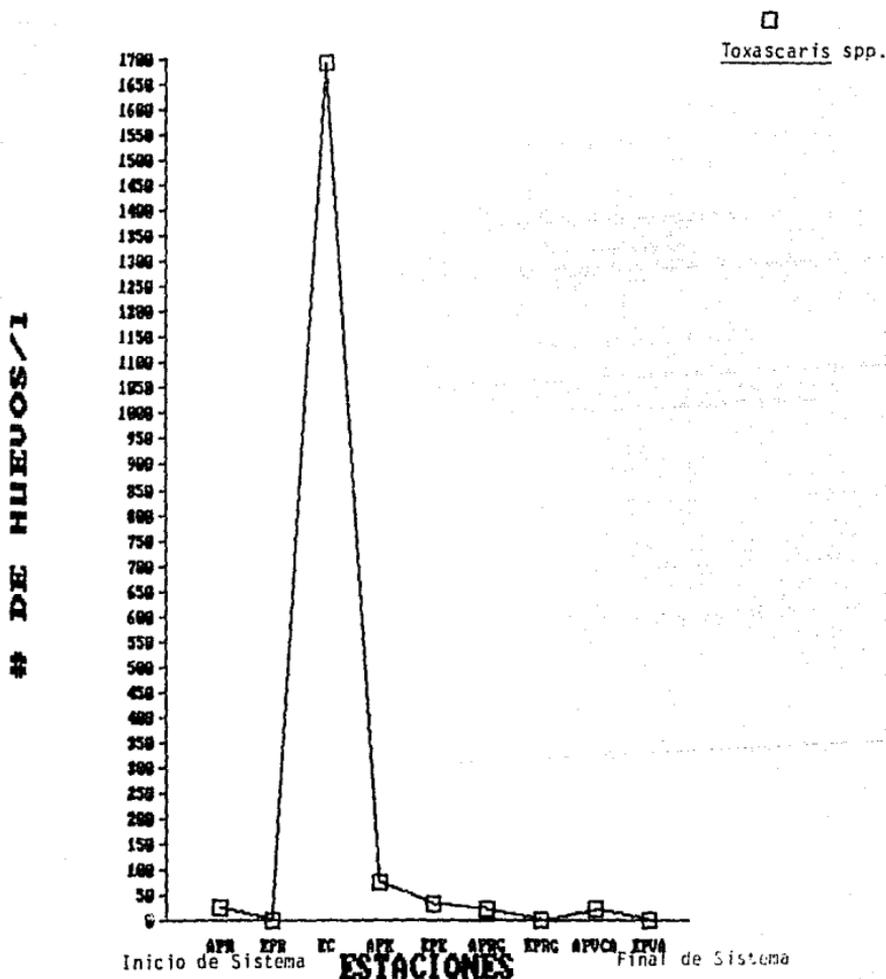


Lámina 17. Media de huevos de Toxascaris spp., obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

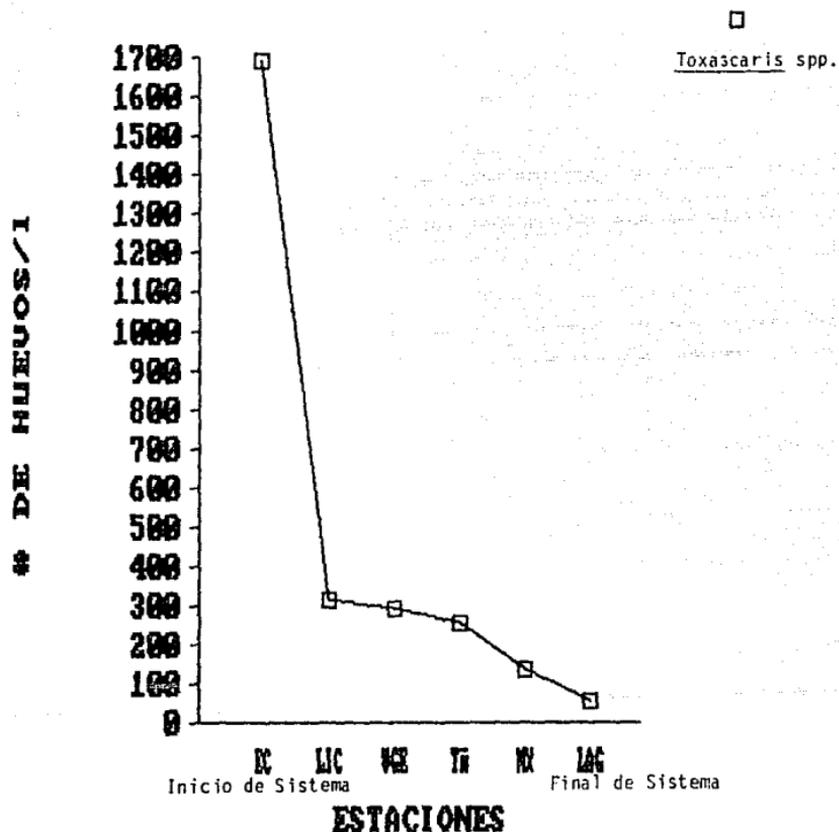
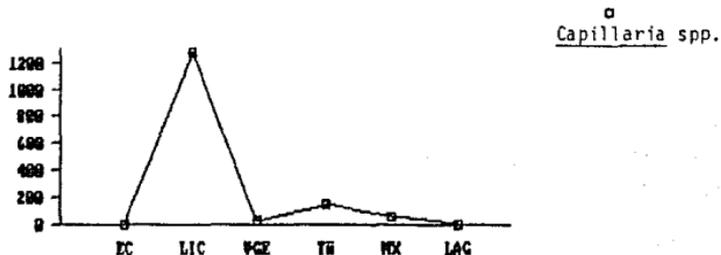


Lámina 18. Media de huevos de Capillaria spp. y Macracanthorhynchus hirudinaceus, obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

# DE HUEVOS/l



# DE HUEVOS/l

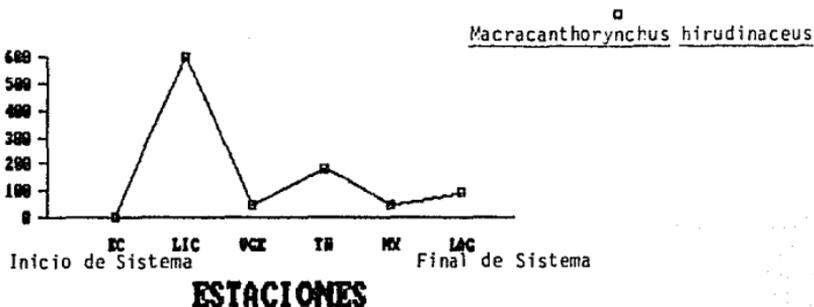


Lámina 19. Media de huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea, obtenida en el Emisor Central y en el sistema de presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

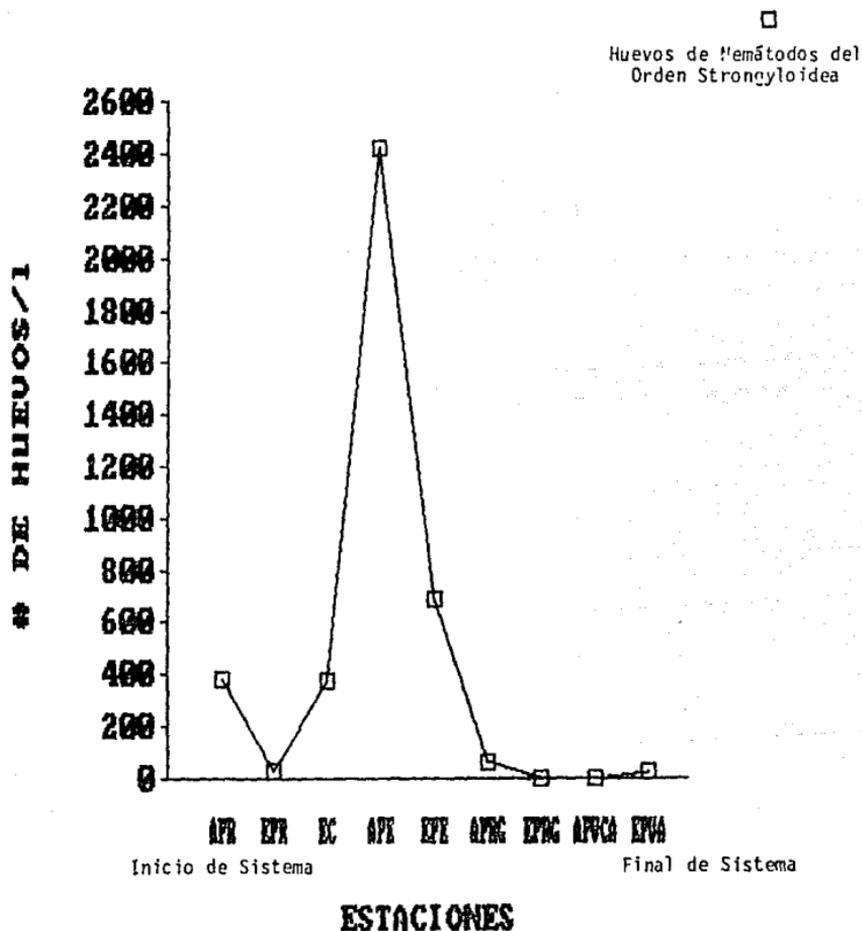


Lámina 20. Media de huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea, obtenida en el canal principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

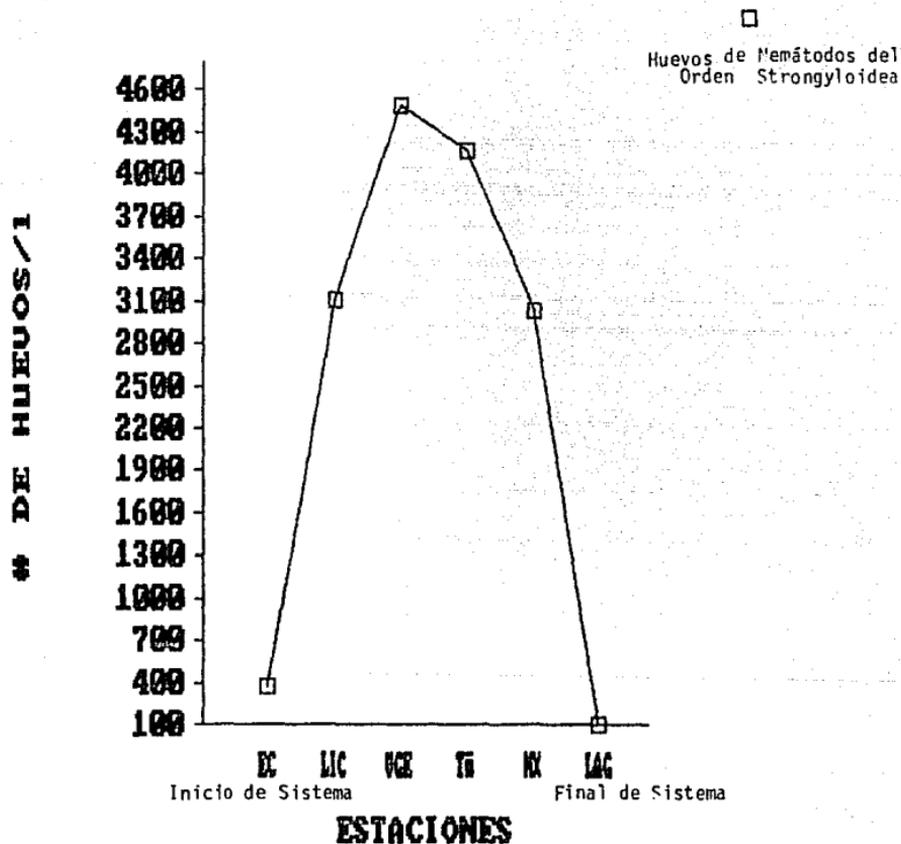


Lámina 21. Media de nemátodos y huevos de de vida libre, obtenida en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

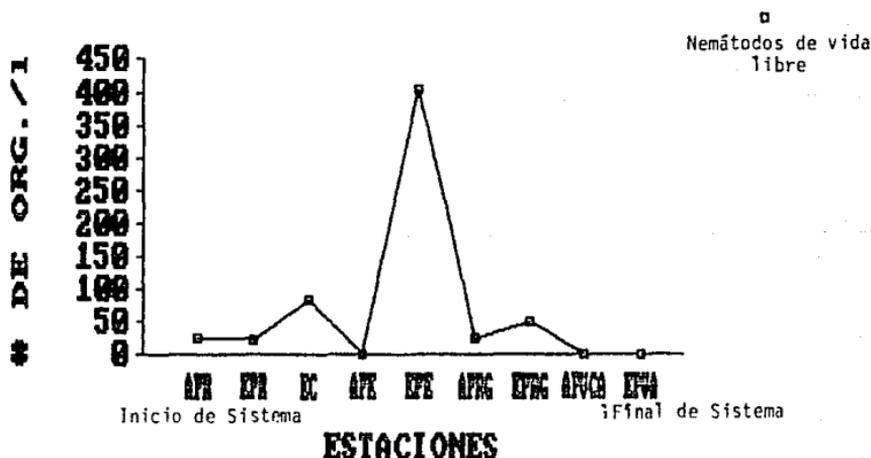
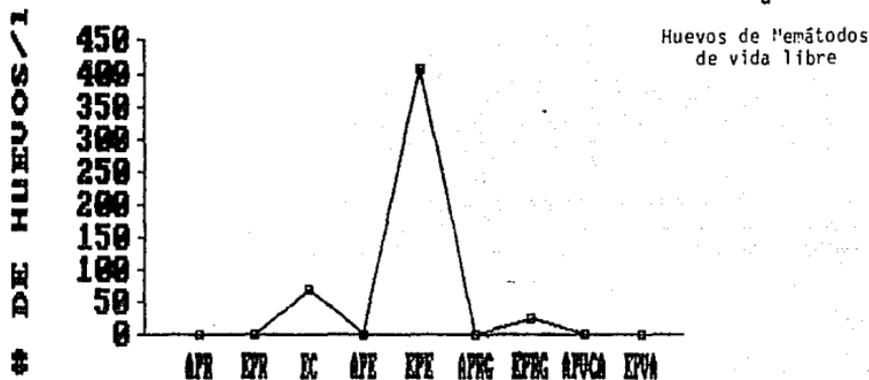
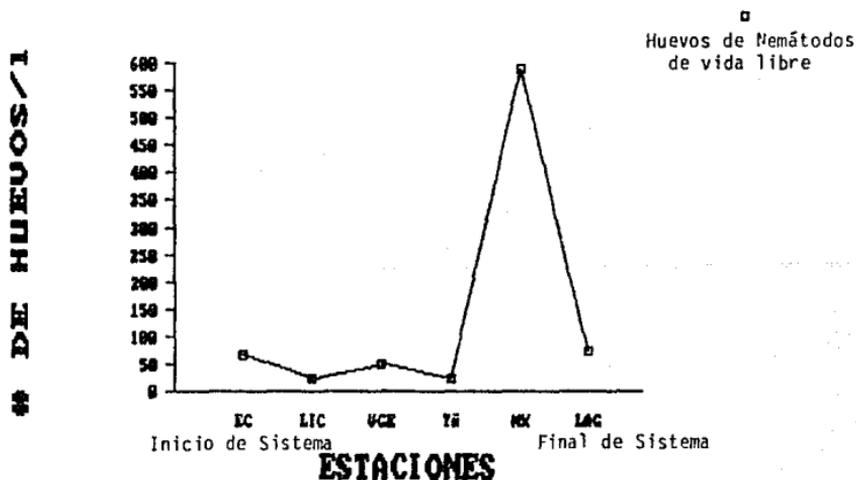
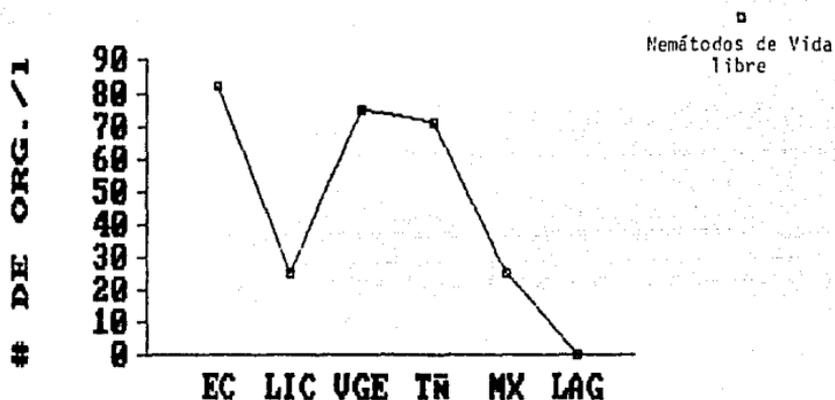


Lámina 22. Media de nemátodos y Huevos de vida libre, obtenida en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.



**Cuadro 1** Porcentaje de frecuencia de quistes de protozoarios, huevos de platelmintos y de nematelmintos recuperados en el sistema de Presas y en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

---

**AGENTES INFECCIOSOS**

*frecuencia de porcentaje*

---

quistes de protozoarios

92

huevos de platelmintos

43.1

huevos de nematelmintos

85.2

---

Cuadro 2. Porcentaje de frecuencia de quistes de protozoarios y huevos de helmintos recuperados en el sistema de presas y en el canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo; durante el periodo comprendido de abril a octubre de 1987.

AGENTE INFECCIOSO	porcentaje de frecuencia
<u>Entamoeba histolytica</u>	67.00
<u>Entamoeba coli</u>	59.00
<u>Giardia</u> spp.	64.70
<u>Fasciola hepatica</u>	37.50
<u>Taenia</u> spp.	17.00
<u>Trichuris</u> spp.	48.80
<u>Enterobius vermicularis</u>	28.40
<u>Ascaris</u> spp.	64.70
<u>Toxocara</u> spp,	52.20
<u>Toxascaris</u> spp.	43.00
<u>Capillaria</u> spp.	12.50
<u>M. hirudinaceus</u>	23.80
Orden Strongiloidea	50.00
Huevos de nemátodos de vida libre	37.50
Nemátodos de vida libre	53.40

**CUADRO 3** Ventajas y desventajas de coliformes fecales estreptococos fecales y parásitos como indicadores de calidad microbiológica del agua.

PROPIEDADES DE UN SISTEMA INDICADOR	<u>INDICADORES BACTERIOLÓGICOS</u>		
	CF	EF	PARASITOS
Inofensivos al hombre y animales	algunos	algunos	-
Aplicables a todo tipo de aguas	+	+	+
Presentes cuando hay microorganismos patógenos	+	+	+
La cantidad debe ser proporcional a la contaminación	+	+	+
Deben ser más resistentes que microorganismos patógenos	+	+	+
Desaparición rápida posterior a microorganismos patógenos	+	+	-
No deben estar en aguas de consumo humano	+	+	+
El análisis cuantitativo debe ser fácil de realizar	+	+	+
No deben reproducirse en agua	-	-	+

+ SI CUMPLE CON ESTAS PROPIEDAD

CF = COLIFORMES FECALES

- NO CUMPLE CON ESTA PROPIEDAD

EF = ESTREPTOCOCOS FECALES

CUADRO 4 Porcentaje de remoción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos obtenidos en el Emisor Central y en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural (SS), Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

AGENTES PATOGENOS	PORCENTAJES DE REMOCION				
	PR	EC-PE	PE	PRG	PVA
<u>Entamoeba histolytica</u>	100	27.5	100	0	60.8
<u>Entamoeba coli</u>	100	57.5	41.6	0	--
<u>Giardia spp.</u>	41.4	52.8	74.6	99.5	100
<u>Fasciola hepatica</u>	100	34.8	94.5	100	--
<u>Taenia spp.</u>	--	45.8	10.3	--	--
<u>Trichuris spp.</u>	--	8 56.6	50	58.8	100
<u>Enterobius vermicularis</u>	--	0	16.8	8 14.4	--
<u>Ascaris spp.</u>	100	8 25.1	73.8	72.7	100
<u>Toxocara spp.</u>	100	89.1	53.3	100	100
<u>Toxascaris spp.</u>	100	95.4	56	100	100
<u>Capillaria spp.</u>	--	--	--	--	--
<u>H. triduinaceus</u>	--	--	--	--	--
Orden Strongyloidea	91	8 84.5	71.6	100	8 100
Huevos de neoa. de vida libre	--	100	8 100	8 100	--
Neostótos de vida libre	16	100	8 100	50	--

PE = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA REQUENA  
 EC-PE = EMISOR CENTRAL - AFLUENTE DE LA PRESA ENCHO  
 PE = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA ENCHO  
 PRG = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA ROJO GOMEZ  
 PVA = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA VICENTE AGUIRRE

8 APORTACIONES

CUADRO 5 Porcentaje de reacción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos helmintos obtenidos en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hídalgo, durante abril a octubre de 1987.

AGENTES PATOGENOS	PORCENTAJES DE REACCION:				
	EC-LIC	LIC-VIR	VIR-TAGHE	TAGHE-MEI	MEI-LAGU
<u>Entamoeba histolytica</u>	87.9	8 79.1	41	8 29.2	8 11.11
<u>Entamoeba coli</u>	71.7	69.9	8 94.5	50	40.9
<u>Giardia spp.</u>	91.4	8 92.9	8 65	93.3	94.4
<u>Fasciola hepatica</u>	27.5	82.4	8 76.7	41.8	72.2
<u>Taenia spp.</u>	100	8 100	52.8	0	100
<u>Trichuris spp.</u>	8 65.2	60	8 33.33	8 8.5	49.2
<u>Enterobius vermicularis</u>	0	0	8 62.1	8 47.2	100
<u>Ascaris spp.</u>	8 73.9	76.7	8 51.9	34.9	5.8
<u>Toxocara spp.</u>	70.8	37.3	34.1	8 22.5	75.4
<u>Toxascaris spp.</u>	81.5	7.2	12.4	47.6	59.3
<u>Capillaria spp.</u>	8 100	98	8 81.8	63.6	100
<u>H. hirudinaceus</u>	8 100	92.5	8 75.4	75	8 50
Orden Strongyloidea	8 87.9	8 30.6	7	27.3	96.4
Huevos de nasa. de vida libre	63.1	8 50	50	8 95.7	87.2
Mesófitos de vida libre	69.5	8 66.6	5.6	64.6	100

EC-LIC = ENIGOR CENTRAL - LICUADORA

LIC-VIR = LICUADORA - VIRGEN

VIR-TAGHE = VIRGEN - TAGHE

TAGHE - MEI = TAGHE - MEIHE

MEI-LAGU = MEIHE - LAGUNILLA

8 APORTACIONES

**CUADRO 6. Porcentajes de remoción de grupos de parásitos obtenidos en el Sistema de Presas del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.**

AGENTES INFECCIOSOS	PORCENTAJES DE REMOCION				
	PR	EC-PE	PE	PRG	PVA
Quistes de protozoarios	77.8	56.1	58.9	88.2	84.2
Huevos de platelmintos	100	41	75	100	--
Huevos de nematelmintos	93.8	19.8	55.7	67.5	91.2

PR = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA REQUENA

EC-PE = EMISOR CENTRAL - AFLUENTE DE LA PRESA ENDHO

PE = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA ENDHO

PRG = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA ROJO GOMEZ

PVA = AFLUENTE - EFLUENTE DE LA PRESA VICENTE AGUIRRE

**CUADRO 7** Porcentajes de remoción de grupos de parásitos obtenidos en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.

AGENTES INFECCIOSOS	PORCENTAJES DE REMOCION				
	EC-LIC	LIC-VIR	VIR-TARHE	TARHE-MEX	MEX-LAG
Quistes de protozoarios	51.7	‡ 68.1	‡ 59.2	92.4	‡ 33.8
Huevos de platelmintos	49.6	41.4	‡ 38.4	33.3	80.7
Huevos de nematelmintos	‡ 43.4	17.4	‡ 0.38	17.4	86.3

EC- LIC = EMISOR CENTRAL - LICUADORA

LIC- VIR = LICUADORA - VIRGEN

VIR-TARHE = VIRGEN - TARHE

‡ APORTACIONES

TARHE-MEX = TARHE - MEXHE

MEX-LAG = MEXHE - LAGUNILLA

**CUADRO 8 Frecuencia de porcentajes de remoción en el Sistema de Presas y en el Canal Principal Requena del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, durante abril a octubre de 1987.**

%	FRECUCIA EN EL SISTEMA DE PRESAS	FRECUCIA EN EL CANAL PRINCIPAL REQUENA
100	18	2
90 - 99	4	6
80 - 89	1	3
70 - 79	4	5
< 70	16	28

#### 4 DISCUSION

El elevado porcentaje de muestras positivas a quistes de protozoarios, huevos de platelmintos y nematelmintos parásitos, además la gran diversidad de géneros recuperados de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México y del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, es debido a la gran variedad de enfermedades parasitarias que afectan a la población, que están asociadas con, falta de servicios públicos, de higiene, de educación, consumo de alimentos y productos agrícolas contaminados.

Es importante mencionar a los nemátodos de vida libre no identificados, que aunque en esta fase de su ciclo de vida no tienen importancia médica bien definida, pudiera ser que se trate de larvas rabditoides del género Ancylostoma y/o Strongyloides, ya que se encontraron huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea, o bien que provenga de ganado vacuno que se alimenta de lirio acuático de la Presa Endhó, lo cual puede ser causa de su elevado valor en el efluente de mencionada presa.

Con excepción de Capillaria y Macracanthorhynchus, todos los parásitos aislados de agua residual se presentan en el Emisor Central, además de que en esta estación se obtuvieron los valores máximos de algunos agentes patógenos, lo cual indica que la mayor parte de estos parásitos son aportados por agua proveniente de la zona metropolitana.

La elevada frecuencia de quistes de protozoarios como Giardia spp. y Entamoeba coli y de huevos de nematelmintos como Ascaris spp. se debe a que las poblaciones que aportan aguas residuales presentan parasitosis de los mencionados organismos, según información proporcionada de manera verbal en la zona.

La elevada recuperación de huevos de nemátodos del Orden Strongyloidea es debido a que dentro de este orden se encuentran géneros de importancia médica en México como: Strongyloides y Ancylostoma.

La época del año en la cual se toma la muestra influye en los valores obtenidos, por lo que en junio época de lluvia el número de parásitos se incrementa debido al lavado de los suelos, en tanto que la época de estiaje los valores disminuyen considerablemente.

En los meses de noviembre y diciembre los valores decrecieron considerablemente, lo cual puede ser causado por, bajas temperaturas, descargas industriales, ya que el agua desprendía olor a gasolina, además el Emisor Central conducía agua de mejor calidad que en meses anteriores; debido a que durante noviembre el canal es drenado.

El comportamiento de los quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos como índices de calidad microbiológica se asemeja con el comportamiento de Coliformes y Estreptococos Fecales que son los indicadores de calidad microbiológica del agua más empleados, ya que cuando aumenta el número de bacterias también se incrementa el valor de los parásitos, salvo en algunos casos, lo cual es debido que dichos organismos son endémicos de la zona como Entamoeba, y Ascaris además las bacterias bajo condiciones favorables son capaces de reproducirse en el agua.

Los quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos cumplen con algunas propiedades que un indicador de calidad microbiológica del agua debe tener, una de ellas es que son estructuras resistentes en el ambiente, son eliminados con la materia fecal del hombre y de animales de sangre caliente; por lo que la presencia de éstos agentes patógenos en cuerpos de agua indican que hay contaminación de origen fecal.

Por otra parte los parásitos son específicos de especie, debido a esto, se puede deducir el origen de tal contaminación. No están presentes en aguas para consumo humano, salvo que haya contaminación, si el número de éstos es elevado entonces el grado de contaminación también lo es, además el análisis cualitativo y cuantitativo es sencillo de realizar en el laboratorio.

La desventaja que presentan los parásitos como índice de calidad microbiológica del agua, es que su desaparición no es rápida después de los microorganismos patógenos y además son patógenos para humanos y animales.

Las variaciones de los valores de parásitos se deben a que las condiciones de los sistemas no son controladas; es decir, que durante el transcurso del agua por los canales y presas hay aportaciones considerables por otros canales de riego y por las comunidades, causa de que el valor de los huevos de Ascaris spp. y del Orden Strongyloidea se incrementa durante el trayecto del agua desde el Emisor Central hasta el afluente de la Presa Endhó, además que el Distrito es zona endémica de ascariasis, y partes de las contribuciones son originadas por el Río Tula y Rosas.

La elevación del valor de agentes patógenos en el agua, cuando se dirige del efluente de la Presa Endhó al afluente de la Presa Rojo Gómez es debido a aportaciones del Canal Lateral Endhó.

El hecho de que no se haya recuperado Capillaria spp. y Macracanthorhynchus hirudinaceus en el sistema de presas, mientras que en el Canal Principal Requena si hayan estado presentes indica que estos parásitos están presentes solo en los animales del Distrito estudiado.

En el Canal Principal Requena hay aportaciones por el Canal Lateral Endhó y el De Endhó hacia la Licuadora, por tal motivo el valor de algunos agentes infecciosos se incrementan; sin embargo, en las demás estaciones no hay aportaciones aparentes por otros canales de riego, pero debe considerarse que existen comunidades a lo largo de los canales y además que son aguas de retorno agrícola.

Debido a las contribuciones no controladas por otros canales de riego y por comunidades, en algunos casos no es posible detectar la remoción real de microorganismos, lo cual indica que las aportaciones de contaminantes son elevadas y el proceso natural de autopurificación del agua no es suficiente como para contrarrestarla.

Manejando la remoción por grupos de parásitos que se encuentran en el agua que se utiliza en el riego agrícola en el Distrito estudiado no cumple con los lineamientos de Engelberg, Suiza, debido a que contiene cantidades elevadas de uno u otro grupo. Sin embargo en el sistema de presas a excepción de Entamoeba histolytica y el Orden Strongyloidea alcanzan remoción del 100 %.

La mayor eficiencia de remoción es obtenida en el sistema de presas, ya que en este sistema el agua es almacenada por periodos no controlados, en tanto que en los canales de riego el agua sigue su curso sin almacenamiento y queda expuesta a aportaciones por otros canales de riego, por las comunidades adyacentes a éstos, por animales de sangre caliente y además por ser aguas de retorno agrícola.

Con respecto a la identificación de las estructuras parasitarias, en estudios de caracterización microbiológica de aguas residuales (30, 35) se basan principalmente en la morfología de los agentes infecciosos, incluyendo el tamaño; sin embargo, en el presente estudio no se consideró debido a que estuvo muy reducido ya que las muestras fueron preservadas y además el agua residual es una solución hipertónica.

## 5 CONCLUSIONES

- Mediante la identificación y cuantificación de quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos, se logra una mejor evaluación de la calidad microbiológica de aguas residuales para el uso en el riego agrícola.
- El elevado número y la gran diversidad de quistes de protozoarios y huevos de helmintos patógenos, recuperados en aguas residuales del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo, proporciona bases para asegurar que dichas aguas carecen de calidad microbiológica para su uso en el riego agrícola.
- Los parásitos (quistes de protozoarios y huevos de helmintos) pueden ser utilizados como índices de calidad microbiológica del agua, ya que su comportamiento es parecido a los indicadores bacteriológicos comúnmente usados como Coliformes y *Estreptococos Fecales*. además cumple con la mayoría de las propiedades que un indicador microbiológico debe tener.
- Debido a que el agua residual que tiene como destino el riego agrícola, es buen vehículo de diseminación de quistes de protozoarios y huevos de helmintos de importancia médica, es necesario e importante que en las normas de calidad microbiológica de agua que existen en México, sean considerados estos agentes infecciosos como contaminantes, proponiendo lineamientos de calidad de agua para su uso en la agricultura, considerando las necesidades del país.
- El número de quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos disminuye en el agua residual durante su recorrido a través de presas y canales de riego; siempre y cuando haya control de descargas y de operación en el Distrito de Riego.
- La mayor eficiencia de remoción de quistes de protozoarios y huevos de helmintos parásitos, se logra en el sistema de presas, en tanto que, en los canales de riego es menor.
- Es de gran importancia evaluar la calidad microbiológica de aguas residuales, que tienen como destino el riego agrícola, como medida de protección de la salud pública (consumidores) y del operador (agricultor).

## REFERENCIAS

- (1) Aspectos Sanitarios de la Utilización de Aguas Residuales y Excretas en la Agricultura y Acuicultura. Hojas de Divulgación Técnica. Organización Panamericana de la Salud. Casilla 4337(37). Lima, Perú. 11 p. 1987.
- (2) Ayanequi J., García G.: Impacto Sobre el Suelo por la Disposición de Aguas Residuales Crudas y Tratadas. División de Estudios de Posgrado. UNAM. México. 6 p. 1985.
- (3) Bonilla U.: Tratamiento de Aguas Municipales, Industriales y Reusos. Tratamiento de Aguas Residuales. División de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. UNAM. 9 p. 1985.
- (4) Borchert.: Parasitología Veterinaria. 3a. Edición. Ed. Zaragoza. España. pp 217-226, 391-397, 400, 420-421. 1975.
- (5) Brown H.: Parasitología Clínica. 4a. Edición. Ed. Interamericana. México. pp 18-31, 102, 107, 111-112, 117, 211. 1977.
- (6) Cable R.: An Illustrated Laboratory Manual of Parasitology. Ed. Burges. Publishing Co. 5a. Edición. USA. pp 239-241. 1977.
- (7) Cabrera P.: El Uso de Aguas Residuales para el Riego de los Distritos O3 y B8 y sus Repercusiones sobre la Salud Humana. México. pp 1-21. 1976.
- (8) Cortés M.J.E.: Informe Final del Proyecto "Efecto del Almacenamiento e Infraestructura Hidroagícola en la Remoción de Microorganismos". 1a. Edición. Ins. Mex. Tec. Agua. pp 5-6, 44. 1987.
- (9) De Leon R., Singh S.N., Rose J.B., Mullinax R. L. Musial C.E.: Microorganism Removal from Wasterwater by Rapid Mixed Media Filtration. Allrighth Reservet Great Britain. 20(5). pp 583-587. 1986.
- (10) Dunn A.: Helminología Veterinaria. 2a Edición. Ed. El Manual Moderno. México. pp 68-69, 72-73, 102-103, 160-161. 1978.
- (11) Faust y Graig.: Parasitología Clínica. Ed. SALVAT. 8a. Edición. Barcelona, España. pp 52, 60-61, 127-128, 140-141, 287-289, 331-332, 337-339, 461-465, 526-533, 537-538. 1984.
- (12) Gonzalez Y. Martínez L. P.: Manual de Laboratorio de Parasitología Clínica. 1a. Edición. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. 1983.

- (13) Hilleboe H. E.: Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 1a. Edición. Editorial LIMUSA. México. pp. 248. 1976.
- (14) Informe del Estudio Agrológico Complementario del Distrito de Riego 063 de Tula, Hidalgo. SARH. México. pp 24, 51. 1973.
- (15) Investigación del Comportamiento de la Calidad de Aguas en Función de Descargas de Contaminantes y su Efecto en la Flora y Fauna Acuática. SARH. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. México. pp 1, 21-22, 28, 40. 1980.
- (16) Izurieta R. E.: Laguna de Estabilización y Descripción, Lagunas Aeróbicas y Aeróbicas-Anaeróbicas, Diseño. Tratamiento de Aguas Residuales. División de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. UNAM. México. 16 p. 1985.
- (17) Jonguitud F. V.: Procesos Aeróbicos en Medio Suspenso y Medio Adherente, Variables, Parámetros y Relaciones para el Diseño. Procesos Anaeróbicos y Combinados, Coeficiente, Cinética. Tratamiento de Aguas Residuales. División de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. UNAM. México. 61p. 1985.
- (18) Judith F. and Sauch.: Use of Immunofluorescence and Phase-contrast Microscopy for Detection and Identification of Giardia spp. Cyst and Water Samples. *Apl. and Env. Mic.* 52:612-617 (1986).
- (19) Judith L. and Renton J.: Evaluation a Tangential-flow Multiple-filter Technique for Detection of Giardia lamblia Cyst in Water. *Apl. Env. Mic.* 52:401-402 (1986).
- (20) López E., Dykens A.: Waterborne Giardiasis: a Communitywide Outbreak of Disease and a High of Asymptomatic Infection. *Am. J. Ep.* 112:495-507 (1980).
- (21) Legislación Relativa al Agua y su Contaminación. Subsecretaría Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica, SARH. México. pp 35-36. 1975.
- (22) Manual de Saneamiento, Vivienda, Agua y Desechos. Dirección de Ingeniería Sanitaria. Secretaría de Salubridad y Asistencia. 1a. Edición. Ed. LIMUSA. México. 1976.
- (23) Manual del Curso Estudios de Calidad del Agua. SARH-CIECCA. México. pág. 253. 1983.
- (24) Martínez A. y Cabello.: Estudio Agrológico Detallado del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hgo. y Ampliaciones. SARH. México. pp 8-10. 1986.

- (25) Martínez P., Calderón J. y López R.: Amibas y Amibiásis. Centro de Investigación de Estudios Avanzados del IPN. México. pp 47-54. 1986.
- (26) Memorias del Curso "Microbiología y Aplicaciones en los Procesos Biológicos de Tratamiento de Aguas". SARH-CIECCA. México. Cp. VIII. pp 1-13. 1983.
- (27) Moeller C.: Aspectos Microbiológicos de Salud en el Uso de Aguas Residuales para Riego Agrícola. Sección de Ingeniería Ambiental. División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. UNAM. México. 8 p. 1985.
- (28) Norma Oficial Mexicana MDM-AA-42-1987. Calidad del Agua Determinación del Número Más Probable de Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Termolatentes) y Escherichia coli presuntiva. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas. México. 17 p. 1987.
- (29) Pahren H. and Jakubowski W.: Waster Water Aerosols and Disease. 1a. Edición. USA. pp 84-85. 1979.
- (30) Panicker P. and Krishnamoorthi.: Parasite Egg and Cyst Redution in Oxidation Ditches and Aerated Lagoons. Jo. W. P. C. F. 53:1413-1419(1981).
- (31) Quiroz H.: Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos. 1a. Edición. Ed. Limusa. México. pp 392-394, 407-411, 458-463, 648-649. 1984.
- (32) Tejeda G. C.: Aprovechamiento de Aguas Residuales en un Distrito de Riego. Ins. Mex. Tec. Agua. México. 3 p. 1986.
- (33) Tejeda G. C., Ortega S. M. y Sotomayor M.: Criterios para el Aprovechamiento de Aguas Residuales en Riego Agrícola. Comisión Nacional del Plan Hidráulico. SARH. México. pp. 3, 17-18. 1983.
- (34) Tejeda G. C.: Programa Nacional de Aprovechamiento de Aguas Residuales en Distritos de Riego. Ins. Mex. Tec. Agua. México. 6 p. 1987.
- (35) Theis J. & Bolton V.: Helminth Ova Soil and Sludge from Twelve U.S. Urbans Areas. Jo. W.P.C.F. 50:2485-2493(1978).
- (36) Wilson P. & Backtt P.: Minicipal Sewage Effluente for Irrigation. Agricultural Engineering Department Loisiaana Polytechnic Institute Ruston. Loisiaana, USA. pp 107-116. 1968.
- (37) Zaman V.: Atlas de Parasitología Médica. 1a. Edición. Ed. Panamericana. México. pp 4, 134. 1982.