

15  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**"PARASITOS: EVALUACION DE LA CONTAMINACION BIOLÓGICA DE  
LOS LODOS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "CHAPULTEPEC"  
MEDIANTE LA IDENTIFICACION DE PARASITOS."**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO EN LA ORIENTACION:**

**MARCO ANTONIO BECERRIL FLORES**

MEXICO D. F.



1991



## **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

	PAGINA
RESUMEN	
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVOS .....	2
CAPITULO I GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes Históricos .....	4
1.1.1 Abastecimiento de Agua .....	4
1.1.2 Sistema de Drenaje .....	6
1.1.3 Tratamiento de Aguas Residuales .....	9
1.2 Funcionamiento General de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales .....	12
1.2.1 Tratamiento Primario .....	12
1.2.2 Tratamiento Secundario .....	13
1.2.3 Tratamiento Terciario .....	13
1.3 Sistemas Ecológicos Presentes en los Tratamientos de Aguas Residuales .....	14
1.4 Funcionamiento de la Planta Chapultepec .....	14
1.5 Situación Mundial en el Tratamiento de Aguas - - - Residuales .....	17
1.6 Relación entre Parásitos Y Aguas Residuales .....	18
CAPITULO II MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA	
2.1 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas - - - Residuales .....	22
2.2 Toma de las Muestras .....	22
2.3 Proceso de las Muestras .....	25
2.4 Materiales Empleados .....	26
2.5 Procedimiento Empleado .....	29

CAPITULO III RESULTADOS

3.1 Aspecto Físico de los Lodos .....	33
3.2 Equivalencia Peso-Volumen en los Lodos .....	33
3.3 Formas Viables Detectadas .....	33
3.4 Frecuencia de Parásitos en los lodos .....	33
3.5 Resultados Cuantitativos de los Parásitos Detectados en las Muestras .....	36
3.6 Características que Presentan las Especies de Vida Libre Halladas en los Lodos .....	43
3.7 Características de los Mecanismos de Infección de los Parásitos encontrados en los Lodos .....	
3.8 Fotografías de las Especies Detectadas .....	56
3.9 Relación entre Parásitos Encontrados Y Variaciones Climatológicas .....	69

CAPITULO IV DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.1 Frecuencia de Parásitos en los Lodos .....	74
4.2 Resultados Cuantitativos .....	74
4.3 Especies de Vida Libre Halladas .....	75
4.4 Relación entre Parásitos Detectados Y Variaciones - Climatológicas .....	76
4.5 Toma de Muestra .....	76
4.6 Cantidad de Parásitos que Circulan por el Drenaje - Diariamente .....	77
CONCLUSIONES .....	78
RECOMENDACIONES .....	80
DEFINICIONES DE TERMINOS TECNICOS MAS EMPLEADOS .....	82
BIBLIOGRAFIA .....	83

## INTRODUCCION.

Los grandes problemas de contaminación ambiental que aquejan a todo el mundo actualmente y en especial a México; así como los pocos estudios existentes en el país de las cargas de microorganismos contaminantes en las aguas residuales, y la escasa información que se tiene acerca de los agentes infecciosos y parasitarios en relación con los lodos generados por el tratamiento de estas aguas residuales, fueron los motivos que me estimularon a realizar esta investigación.

Si bien es cierto, que existen plantas de tratamiento de aguas residuales, que se encargan de remover la materia orgánica, y de este modo separarla del agua tratada para darle un uso posterior a esta última, también es cierto que los sedimentos obtenidos en el tratamiento son desechados al drenaje sin tratamiento previo. Esto ha despertado mi atención, y me he preocupado por estimar el grado de contaminación biológica que pudieran tener los residuos que se envían al drenaje de la Ciudad de México.

Observando la alta frecuencia de personas con infecciones parasitarias<sup>28,29</sup> (Ver tablas 1.1 y 1.2), me propuse a identificar y cuantificar los parásitos patógenos al ser humano que se encuentran en los lodos, ya que para adquirir muchas de estas enfermedades se necesita un contacto directo de las personas con las formas infectantes de estos organismos; las aguas residuales son su foco de infección y el medio de transporte hacia el hombre.

Por lo anterior, considero que es de vital importancia la investigación en el tratamiento de los lodos, aunado al de las aguas residuales.

## OBJETIVOS.

- a) Mostrar los riesgos de seguridad que presenta para la gente el tener contacto con las aguas residuales del drenaje por contaminación de los lodos que son enviados al mismo.
- b) Determinar el grado de contaminación biológica que existe en los lodos por la presencia de parásitos patógenos al ser humano mediante exámenes parasitológicos.
- c) Caracterizar los sistemas ecológicos que presentan los lodos; identificando los organismos que se encuentren, con el propósito de estimar el riesgo que presenta el manejo de los mismos.
- d) Poner de manifiesto los problemas de insalubridad que pueden acarrear los lodos si se desechan al drenaje sin tratamiento previo.
- e) Proponer soluciones a los problemas que pueden ocasionar los lodos no tratados, para la gente que de alguna manera corre el riesgo de tener contacto con su carga de contaminantes biológicos, sobre todo con los parásitos.
- f) Indicar las ventajas y desventajas que se pueden presentar al llevarse a cabo tratamientos de lodos con sistemas de eliminación de parásitos.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

## 1.1 Antecedentes Históricos.

El Valle de México se encuentra en una zona cuyas condiciones geográficas y climatológicas, así como la infraestructura que ha ido teniendo a lo largo de su historia han provocado una serie de problemas en el abastecimiento de agua a todas las delegaciones que lo componen y el desalojo de la misma mediante su sistema de drenaje.<sup>11,14</sup>

Desde hace más de 600 años el Valle ha sufrido de estos problemas ya que es una región que se encuentra a 2240 mts. sobre el nivel del mar, rodeada por sierras de más de 5000 mts. de altura, condiciones que dificultan la tarea de traer agua de manantiales, acuíferos y pozos, y más aún, de dar salida a los excedentes para evitar inundaciones.<sup>14,21</sup>

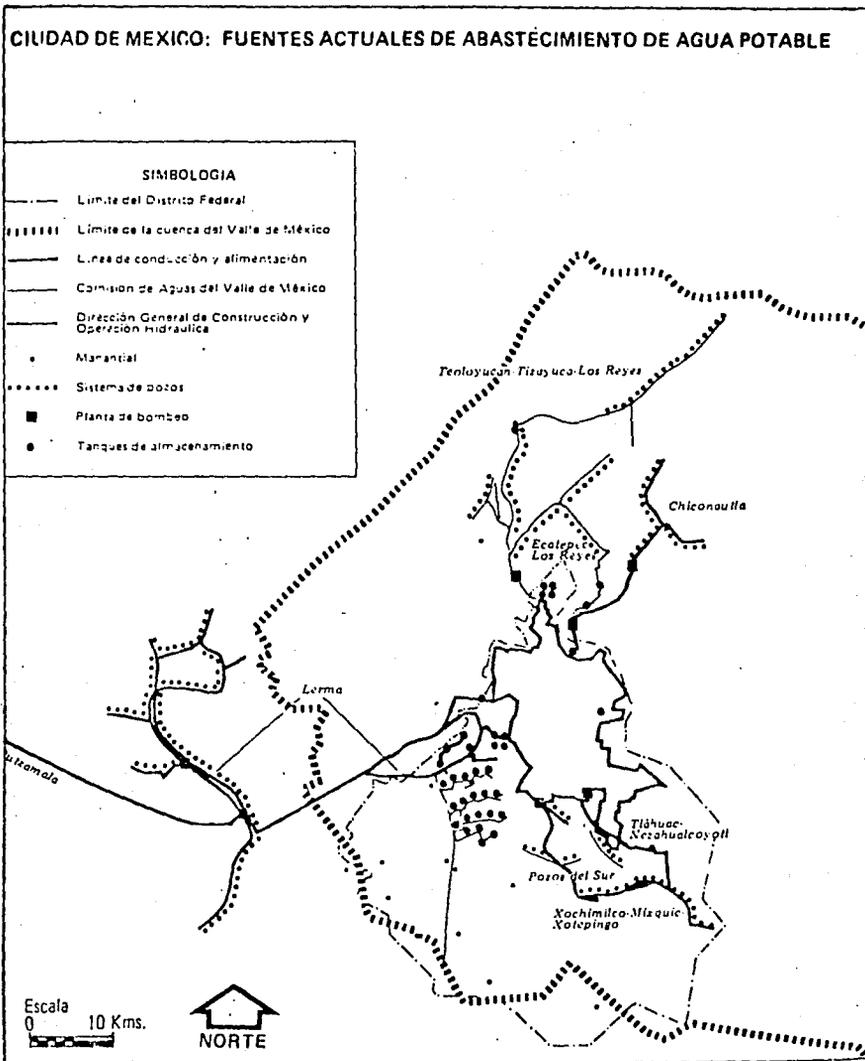
### 1.1.1 Abastecimiento de Agua.

Para el año de 1325, época en la que se fundó la gran Tenochtitlan, el pueblo azteca se abasteció de las lagunas, manantiales y acuíferos que la rodeaban conduciéndola por medio del acueducto de Chapultepec en el mandato de Moctezuma.<sup>14,21</sup>

Con el crecimiento demográfico del Valle de México, se aumentó la demanda de agua, por lo que en el año de 1944 se inicia la perforación de los primeros 93 pozos profundos, y previamente, en 1942 se hicieron obras para aceptar agua de los manantiales del río Lerma en el Valle de Toluca. Sin embargo, para el año de 1947 se observa hundimiento de la ciudad causado por el abatimiento de las presiones del manto acuífero que había dejado de ella<sup>14</sup>, es decir, estos mantos acuíferos ejercían una presión de soporte a la ciudad, pero al extraer el agua de la ciudad queda sin soporte y se hunde hasta unirse con el suelo subterráneo; no obstante esto, se siguen perforando pozos, y en 1977 la comisión de aguas del Valle de México contribuye al abastecimiento con el caudal de sus pozos perforados.

Actualmente la ciudad de México se abastece de aguas superficiales y aguas subterráneas. Las aguas superficiales se captan de más de 60 manantiales del sudponiente del D.F. y de la cuenca del río Cutzamala. Las aguas subterráneas se extraen de más de 1327 pozos de la cuenca del Valle de México y en el Valle del Lerma. (Fig. 1.1 y 1.5).<sup>14,21</sup>

Fig. 1.1 (Tomado del Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. D.D.F. 1987).



El agua que se capta es bombeada a una altura de más de 1100 mts. para que llegue a la ciudad, la cual se transporta a 202 tanques de almacenamiento, que gracias a líneas de conducción llegan al usuario por medio de la red primaria de distribución y luego por la red secundaria de distribución.<sup>11,14,21</sup>

A futuro se piensa traer agua superficial de las cuencas de Amacuzac, Libres-Oriental y Tecolutla (Fig. 1.5).

#### 1.1.2. Sistema de Drenaje.

El Valle de Mexico es una región lluviosa que ocasiona fluctuaciones en los niveles de los lagos que la rodean, a consecuencia de lo anterior con frecuencia se desbordan ocasionando inundaciones de ciertas zonas de la región.<sup>11</sup> Esto en el pasado, además de la preocupación del desalojo de las aguas generadas en la cuenca de México obligó a Moctezuma ordenar a Nezahualcōyotl diseñar y construir diques de contención, destinándose entre ellos uno de 16 km. de longitud que protegería de inundaciones a la ciudad.

Para el año de 1607 se construye la primera salida artificial de aguas de la cuenca, el tajo de Nochistongo.<sup>21</sup>

A pesar de esto las inundaciones seguían, y en 1856 se construye el tunel de Tequixquiac que es la segunda salida artificial de la cuenca de México, así como el Gran Canal del Desagüe que por medio de este se recogen las aguas de desecho domiciliarias y pluviales de las calles de la Ciudad (Ver Fig. 1.2).<sup>14,21</sup>

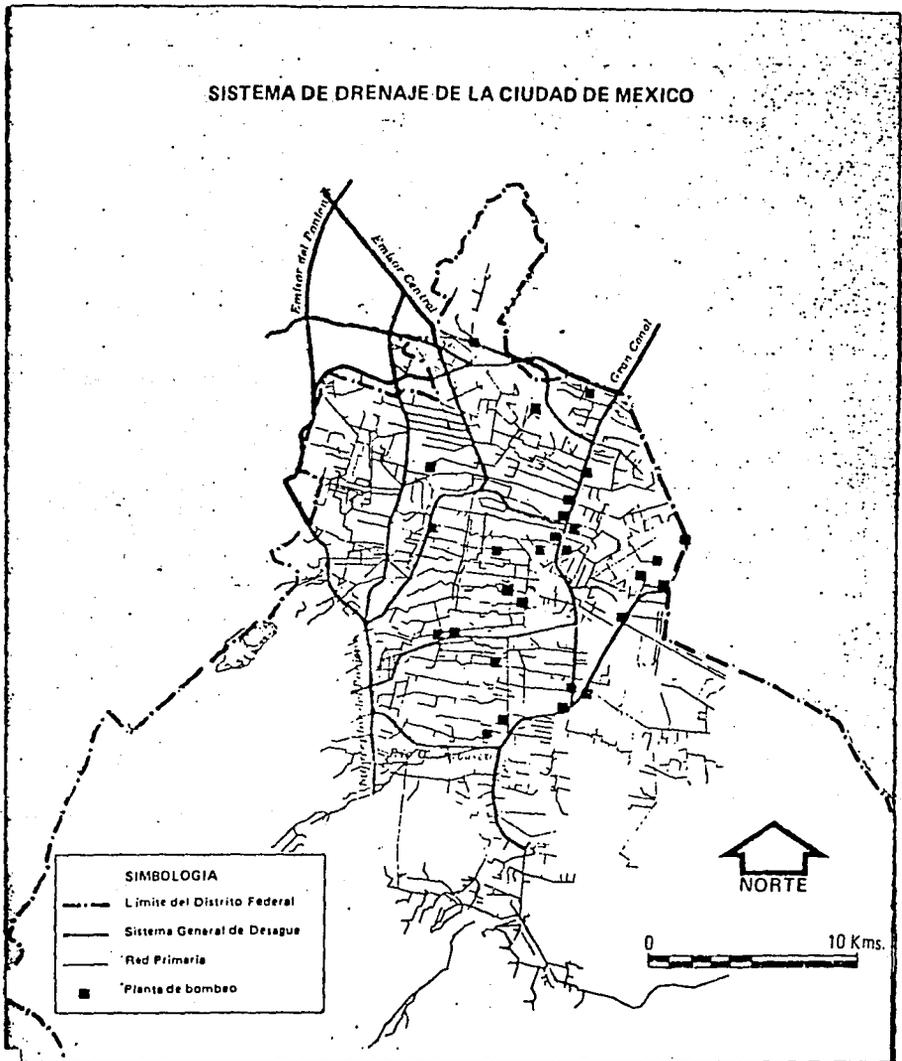
Posteriormente se construye la red de alcantarillado formada por colectores de estas aguas de desecho que van de poniente a oriente para desalojarlas en el Gran Canal del Desagüe. Con el crecimiento demográfico y el hundimiento de la ciudad se vió la necesidad de construir el segundo tunel de Tequixquiac y de 1952 a 1966, la instalación de 29 plantas de bombeo de agua hacia el Gran Canal de Desagüe (Figs. 1.2 y 1.3), junto con el entubamiento de los ríos Mixcoac, Churubusco, La Piedad y Consulado.

Entre 1960 y 1961 se construyeron el interceptor y emisor del poniente con la finalidad de recibir y desalojar respectivamente las aguas del oeste de la cuenca al tajo de Nochistongo. (fig 1.2 y 1.3)



Fig. 1.3. (Tomado del Centro de Estudios Demográficos Y de Desarrollo

Urbano Departamento de Distrito Federal, 1987.).



Actualmente el sistema de drenaje de la ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado ó red secundaria de distribución, un sistema general de desagüe, y un sistema de drenaje profundo.

- El sistema de alcantarillado se encarga de recolectar las aguas negras de las descargas domiciliarias y las pluviales de las coladeras.

- El sistema de colectores se encarga de captar el agua de la red secundaria de distribución y enviarla al Sistema General de Desagüe.

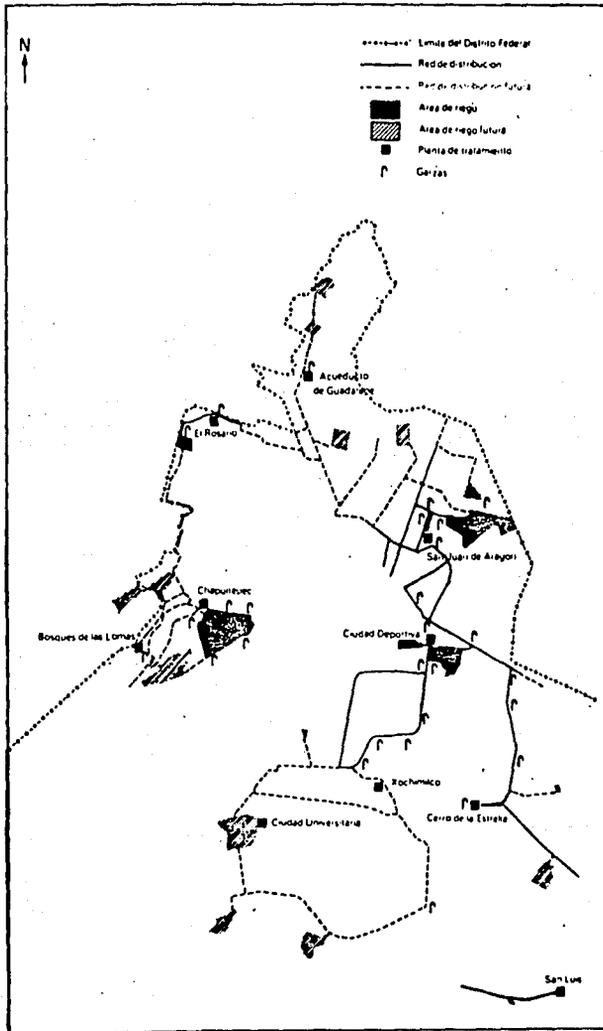
- El Sistema General de Desagüe sirve por un lado para recibir las crecientes que se generan aguas abajo del sistema de interpresas por medio del interceptor poniente para conducir las al norte y descargarlas al río Hondo. Por otro lado está compuesto también por el Gran Canal del Desagüe que capta los escurrimientos del D.F. y recibe aportaciones de la zona urbana del Edo. de México y descargas del lago de Texcoco para enviarlas fuera de la cuenca de México a través de los túneles de Tequixquiac. Además de lo anterior, el sistema está compuesto por los ríos Churubusco, Consulado, Viaducto Piedra y Los Remedios los cuales descargan sus caudales a través del río San Buenaventura, Canal de Miramontes y Nacional. (Ver fig. 1.2).

- El Sistema de Drenaje Profundo funciona solo en épocas de lluvias, y se encarga de desalojar grandes volúmenes de agua en períodos cortos de tiempo con el fin de proteger la ciudad de posibles inundaciones.<sup>21</sup>

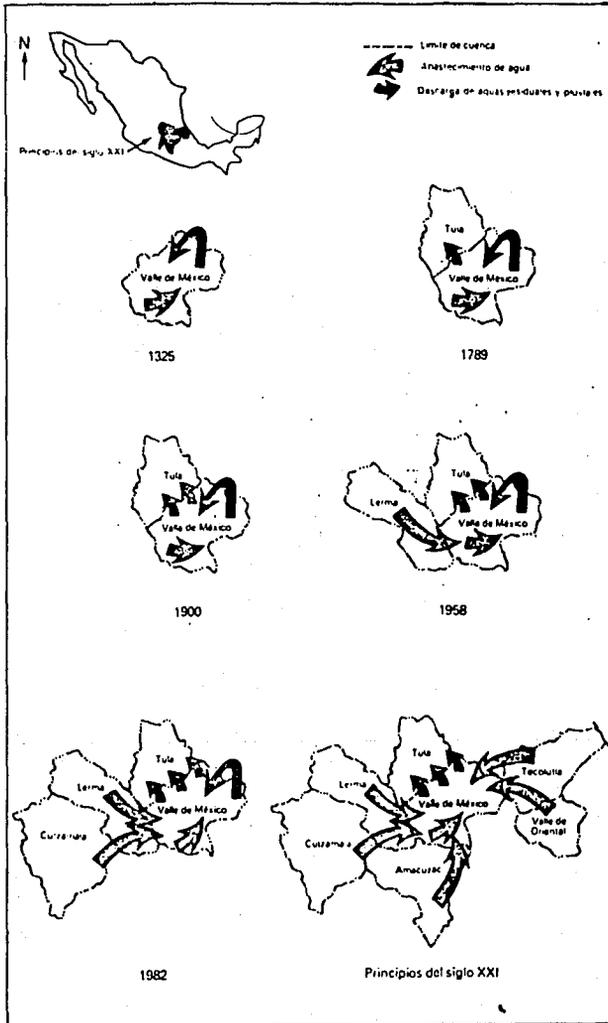
### 1.1.3 Tratamiento de Aguas Residuales.

Durante la primera mitad del siglo XX no se pensó en la posibilidad de darle un uso a las aguas residuales; y no fué sino hasta 1956 cuando comienza operar la primera planta de tratamiento de aguas residuales localizada en el bosque de Chapultepec.<sup>14</sup> Este tratamiento ha ayudado a darle un mejor provecho al agua<sup>33</sup> que anteriormente se desperdiciaba simplemente desechándola, y que ahora, debido al incremento demográfico, se carece de ella en el área metropolitana y de no efectuarse un tratamiento especial se convertiría en un recurso natural renovable.<sup>11,21</sup>

Fig. 1.4 Tratamiento Y Reuso. (Tomado de la Secretaría  
de Obras Y Servicios. D.G.C.O.H. 1982.).



**Fig. 1.5 Evolución del Sistema Hidrológico asociado al Sistema Hidráulico de D.F. (Tomado de la Secretaría de Obras Y Servicios D.G.C.O.H. 1982.).**



Actualmente el D.F. cuenta con diez plantas de tratamiento de aguas residuales aportando  $1.2 \text{ m}^3/\text{seg.}$  de agua tratada que es conducida a áreas verdes. (Ver fig.1.4).<sup>14</sup>

El tratamiento se realiza mediante el proceso de lodos activados y la posterior desinfección con gas cloro. Solo la planta de tratamiento "Acueducto de Guadalupe" lleva a cabo un tratamiento terciario a base de placas de carbón activado mejorando la calidad del agua.<sup>21</sup>

## 1.2 Funcionamiento General de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

En México, de las aguas residuales tratadas solo se aprovecha el 59%, las cuales se emplean para el riego de áreas verdes, llenado de lagos, canales recreativos, riego de camellones y parques públicos, y parcialmente en actividades de la industria de la construcción. Se ha pensado también en darle uso en el enfriamiento de metales y lavado de autobuses. En otros estados de la república se emplea en el riego de cultivos agrícolas como es el caso del estado de Hidalgo.<sup>14,21,33</sup>

El tratamiento de aguas residuales en las plantas del D.F. se efectúa mediante el proceso biológico de lodos activados y gas cloro para su desinfección, que consiste en lo siguiente:

Las aguas residuales que se originan por las descargas domiciliarias, industriales, de hospitales, balnearios, etc. son recolectadas por la red secundaria de distribución y enviadas a la red primaria de distribución, por este medio son conducidas al Sistema General de Desagüe para ser llevadas a la planta de tratamiento que por medio de sus colectores entran directamente a la planta. Aquí, se pueden realizar tratamientos primarios, secundarios y terciarios, tratamientos para lodos generados, etc.<sup>2,33</sup>

### 1.2.1. Tratamiento Primario:

El tratamiento primario consiste en la remoción de arenas, materiales aceitosos y gruesos. Esto se realiza mediante el proceso de cribado y posterior asentamiento con el cual se sedimentan y se separan las partículas gruesas indeseables. Estas partículas se asientan en el tanque Imhoff (ver fig. 1.3).

### 1.2.2. Tratamiento Secundario:

El tratamiento secundario consiste en mezclar una población mixta de microorganismos que son capaces de utilizar como nutrientes sustancias que contaminan el agua. Este tratamiento puede ser de dos tipos:

#### a) Mediante el proceso de lodos activados:

Aquí, las aguas residuales se ponen en contacto con una población mixta de microorganismos que se encuentran suspendidos en forma de flóculos, y cuyo proceso se efectúa por medio de un sistema de aeración y agitación.

En el momento de entrar en contacto las aguas residuales con los flóculos microbianos, estos adsorben la materia orgánica y la eliminan al consumirla y metabolizarla, a este proceso se le denomina ESTABILIZACION. Por otro lado se lleva a cabo un proceso de MINERALIZACION, por medio del cual los microorganismos transforman la materia orgánica en productos inorgánicos simples como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , etc. Debido al consumo de materia se incrementa la proliferación microbiana, a este proceso se le llama ASIMILACION.

Después del tratamiento, la masa microbiana floculenta denominada "Lodo" se separa del agua residual por sedimentación; al sobrenadante se le llama agua tratada. El lodo se regresa en su mayor parte al proceso de aeración para que vuelva actuar como inóculo microbiano y realice de nuevo el tratamiento a otra carga de aguas residuales, el lodo activado en exceso se desecha.

#### b) Mediante Sistemas de Película Biológica:

En este proceso las aguas residuales se ponen en contacto con una población mixta de microorganismos que se encuentran dispuestos en forma de una película de lama adherida a la superficie de un medio sólido de soporte y que utilizan las sustancias contaminantes como nutrimentos.<sup>32</sup>

### 1.2.3. Tratamiento Terciario:

Se realiza solo si se quiere destinar a el agua para mejor utilización, como por ejemplo para potabilizarla. Se pueden emplear placas de carbón activado. Sin embargo, el costo de operación es excesivamente alto y en la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales solo se efectúa tratamiento primario y secundario.

Los residuos sólidos que se obtienen después de cada tratamiento son llamados lodos; así, el sedimento del tratamiento primario se denomina "lodo primario" y el sedimento sólido obtenido en el tratamiento secundario se llama "lodo secundario".<sup>32</sup>

### 1.3. Sistemas Ecológicos Presentes en los Tratamientos de Aguas Residuales.

En todos los sistemas de tratamiento existen condiciones ecológicas características que dependen de las condiciones en que se lleva a cabo el tratamiento.<sup>13</sup> Por un lado, hay organismos que se encargan de la purificación de las aguas residuales removiendo la materia orgánica presente, como el caso de diversos géneros de protozoarios<sup>22</sup>; otros organismos pueden provocar el fenómeno de Eutroficación en el medio ambiente, en el cual organismos fotosintetizantes producen grandes cantidades de materia orgánica;<sup>32</sup> otros organismos pueden ser indicadores de contaminación, como el caso de bacterias de la especie Escherichia coli que indica contaminación por materia fecal;<sup>2,7</sup> otros organismos pueden indicar por ejemplo un medio ambiente anaeróbico si son característicos de este tipo de ambiente.<sup>2,22</sup>

### 1.4. Funcionamiento de la Planta Chapultepec.

Las aguas residuales que son tratadas en la planta Chapultepec, son recibidas por medio de tres colectores: el colector de Cien Casitas, el colector de Palmas y el colector de Vosgos como se muestra en la figura 1.6. Estos tres colectores envían las aguas residuales crudas al desarenador de la planta (ver fig. 1.7), aquí mediante cribado se eliminan las partículas gruesas y se bombean hacia las unidades I y II de la planta.

La unidad I cuenta con un desgrasador a diferencia de la unidad II que no lo tiene, en esta parte se eliminan las partículas aceitosas y grasosas.

Los pasos que siguen son los mismos tanto para la unidad I como para la unidad II.

Enseguida se desgrasan (en el caso de la unidad I) y/o desarenan, las aguas residuales son enviadas al sedimentador primario en donde después de varias horas

FIG. 1.6 PLANTA CHAPULTEPEC

(Cortesía de la Planta Chapultepec, por autorización de la D.G.C.O.H.).

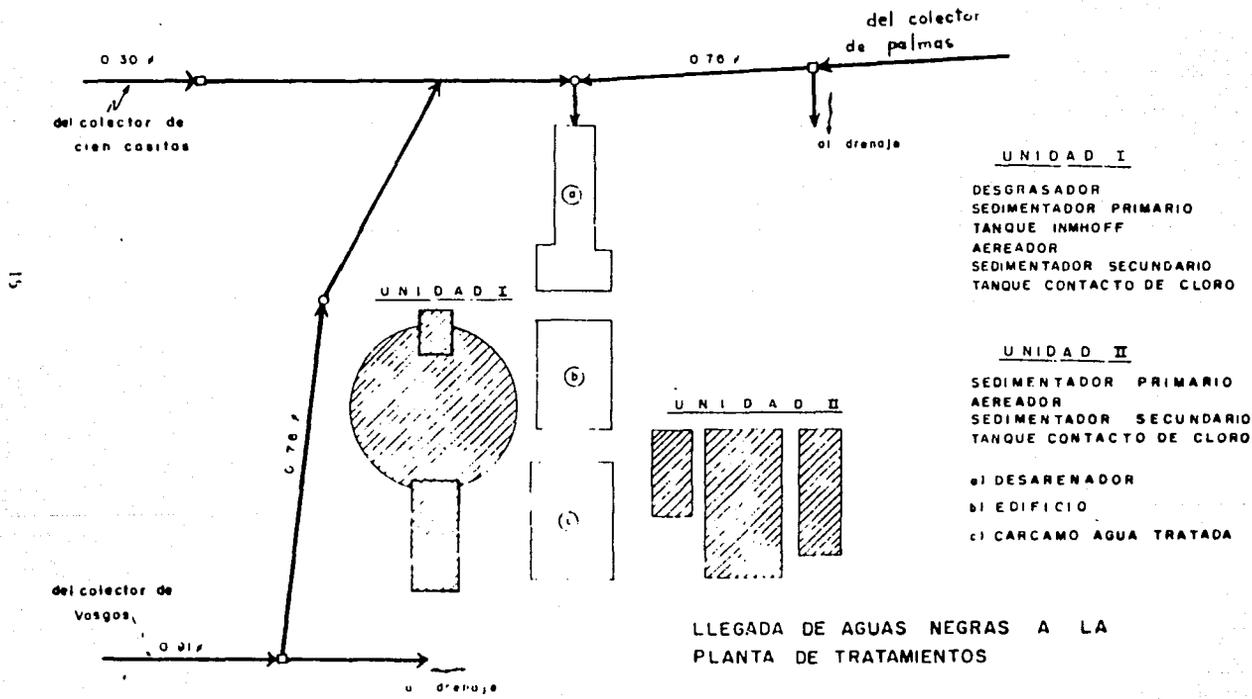
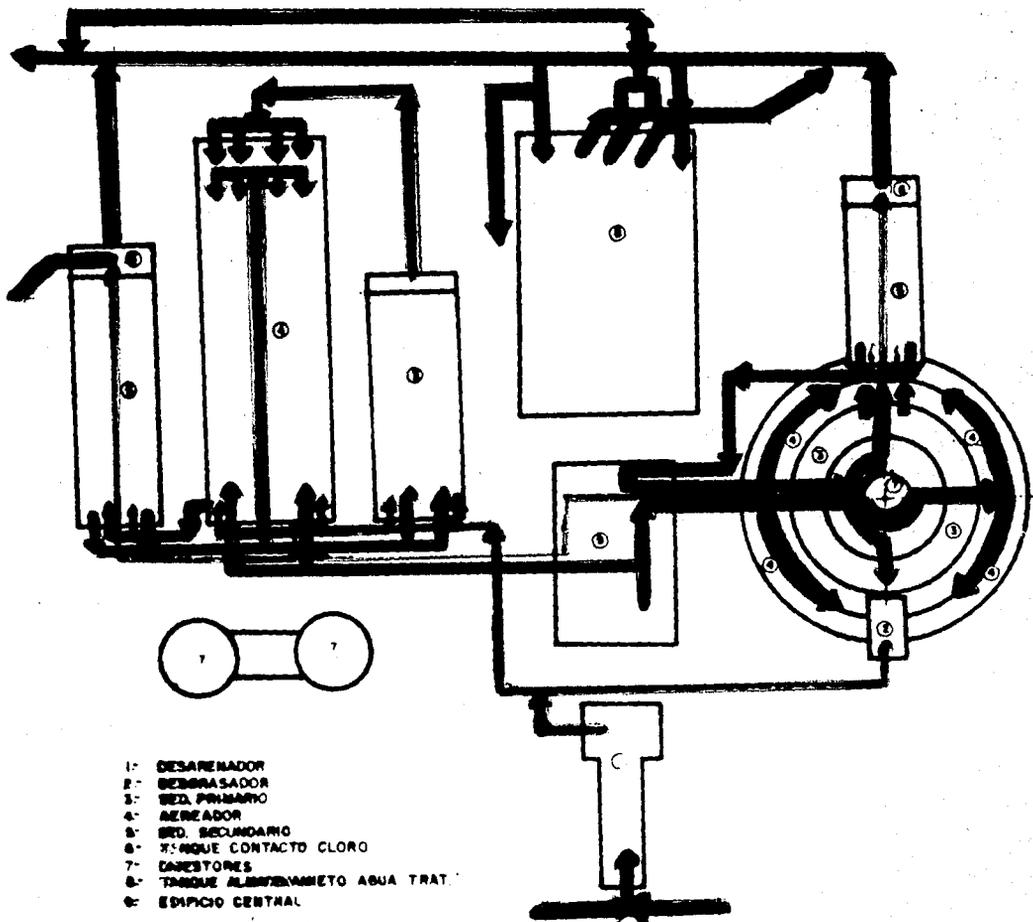


FIG. 1.7 PLANTA CHAPULTEPEC  
DIAGRAMA DE FLUJO

(Cortesía de la Planta Chapultepec, por autorización de la D.G.C.O.H.).



SIMBOLOGIA

AGUA CRUDA  
AGUA DESARENADA  
LICOR MECLASO  
RECIRCULACION  
AGUA SEDIMENTADA  
AIRE  
CLORO  
AGUA TRATADA

las partículas sólidas (lodo primario) se sedimentan depositándose en el tanque Imhoff (ver fig. 2.3) mientras que el sobrenadante pasa al aerador. En este último y en el sedimentador secundario se encuentran los lodos activados. En el aerador los microorganismos se encargan de remover la materia orgánica y reciben oxígeno para mantenerse vivos. Entonces pasa al sedimentador secundario en donde se sedimentan las partículas sólidas (lodo 2<sup>o</sup>) y el sobrenadante es llevado al tanque de cloración para su desinfección.

Posteriormente el agua residual tratada es depositada y almacenada en el cárcamo de agua tratada.

### 1.5 Situación Mundial en el Tratamiento de Aguas Residuales.

Día a día se avanza en la investigación de los procesos de tratamiento de aguas residuales tal como lo hacen países como Estados Unidos, Holanda, Colombia, Cuba, Brasil, entre otros. Más aún, actualmente está en auge el estudio de sistemas de tratamiento de aguas residuales por filtros anaeróbicos y el sistema de mantos de lodos de flujo ascendente (UASB), los cuales han dado resultados excelentes en cuanto a la remoción de materia orgánica presente en las aguas residuales, y la producción de biogás (como el caso de Chile cuya principal finalidad es producir biogás), ó la construcción de reactores para sistemas UASB con alta eficiencia y bajo costo en la construcción como el caso de Colombia. Sin embargo, realmente hay pocos estudios en cuanto a la remoción de parásitos en los tratamientos de aguas residuales. Hablando del proceso UASB solo en Brasil se tienen resultados de remoción de parásitos durante el tratamiento, pero no se conoce el tipo de parásitos ni la cantidad removida de aquellos.

Existen datos que muestran la presencia de parásitos en las aguas residuales como se muestra en los trabajos de L. Sekla, y de D.L. Lehmann(1982) que reportan la presencia de aquellos en aguas residuales, en el suelo y en vegetales en Canadá; el trabajo de M.D. Little en donde se estudian 27 plantas de tratamiento de aguas residuales en el sur de E.U. observándose la presencia de parásitos; y en México los estudios de De Haro y Tay (1989) donde muestran la presencia de parásitos en el suelo los cuales son transmitidos por la mosca doméstica.

A pesar de lo anterior hay poca investigación a nivel mundial en cuanto a la remoción de parásitos, salvo los estudios de P. R. Fitzgerald (de 1979 a 1982) entre otros, que solo han reportado su presencia, y escasos trabajos en cuanto a la remoción de parásitos (como el trabajo de M. Galván García del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.).

#### 1.6 Relación entre Parásitos Y Aguas Residuales.

Las aguas residuales contienen grandes cargas de contaminantes químicos y biológicos, que están formadas por productos de desecho de hospitales, de industrias, de tierra arrastrada por las lluvias y sobre todo por descargas domiciliarias, que en gran cantidad son productos de desecho del mismo hombre.<sup>13</sup> Posteriormente, en el drenaje, son mezclados entre sí y son conducidos a las plantas de tratamiento de aguas residuales. Mediante este tratamiento, como se mencionó anteriormente, se obtiene el agua tratada para diversas utilidades y como subproductos se obtienen los lodos que son los sedimentos concentrados conteniendo altas concentraciones de materia orgánica y contaminantes. Si esta fracción se descarga nuevamente al drenaje, la carga contaminante arrojada es aún mayor a la original.

Ahora bien, se sabe que en México la frecuencia de parasitosis es muy alta (ver tablas 1.1 y 1.2)<sup>27,28,29</sup> y que este tipo de enfermedades son debidas a problemas de insalubridad en la mayoría de los casos.<sup>25,26</sup> Una gran cantidad de parásitos se manifiestan por problemas intestinales en las personas por lo que al defecar arrojan las formas parasitarias.<sup>26</sup> Ya que en México existe mucha gente parasitada, estas personas excretan al defecar las formas infectantes que van al drenaje formando parte de las aguas residuales.

Si a lo anterior agregamos que muchas comunidades no cuentan con servicios de agua potable y alcantarillado, y que como consecuencia la gente practica el fecalismo al aire libre<sup>23</sup>, en el momento en que llueve la materia fecal es arrastrada hacia las alcantarillas, o bien en el suelo la gente está expuesta a tener contacto con aquella, aumentando el riesgo de infección.<sup>14</sup>

Por otro lado la población del área metropolitana sufre de inundaciones, sobre todo en épocas de lluvias, generalmente de mayo a octubre<sup>11</sup>, debido a que el sistema de drenaje de la ciudad recoge el agua pluvial junto con las aguas residuales de origen doméstico e industriales, al recogerlas no se pueden desechar rápidamente por el gran volumen que se va acumulando hasta llegar el momento en

que saiga de las alcantarillas produciéndose verdaderas lagunas. La inundación se favorece por ser una región en la que las lluvias son intensas a pesar de que son de corta duración. Durante una sola tormenta es posible que se precipite entre el 7-10% de la lluvia media anual<sup>11</sup>. De este modo una tormenta intensa no se podrá desalojar rápidamente por las alcantarillas provocando la inundación.

**TABLA 1.1 Frecuencia de helmintiasis intestinales en la República Mexicana**

<i>Parasitosis</i>	<i>% de la población</i>	<i>No de personas infectadas</i>
Ascariasis	26	18,200,000
Tricocefalosis	21.34	14,938,000
Enterobiasis	20.94	14,658,000
Uncinariasis	19.20	13,440,000
Hymenolepiasis	15.87	11,109,000
Estrongiloidosis	4.30	3,010,000
Teniasis	1.52	1,064,000

Tay, J., Salazar-S. P. M. y de Haro I.: Frecuencia de las helmintiasis en México. Rev. Inv. Sal. Públ. (Méx.) 35, 37-45, 1976.

**TABLA 1.2 Frecuencia de las Protozoosis Intestinales en la República Mexicana**

<i>Parasitosis</i>	<i>%</i>	<i>No de personas infectadas</i>
Giardiasis	18.98	13,286,000
Amibiasis	15.90	11,130,000
Tricomoniiasis	11.90	8,330,000

Tay, J., Salazar-S. P. M., de Haro, I., y Ruiz, A. L.: Frecuencia de las Protozoosis en México. Sal. Publ. Mex. 20, 297-337, 1978.

## CAPITULO II

### MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA

## 2.1 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:

El estudio se realizó en los lodos primarios y secundarios de la planta de tratamiento de aguas residuales "Chapultepec" que se encuentra ubicada en el bosque de Chapultepec, al poniente del Distrito federal. (ver fig. 2.1).

El D.F. está situado en una región de clima templado moderado lluvioso, cuya temperatura media anual varía entre 15°C y 16°C, y su precipitación pluvial media anual es de 700 mm.<sup>11,21</sup>

Las aguas residuales que recibe esta planta de tratamiento provienen de las zonas que la rodean, algunas de las colonias que pertenecen a la delegación Miguel Hidalgo, como son: Lomas de Chapultepec, Bosques de las Lomas, Polanco, entre otras; como puede observarse, las condiciones socioeconómicas que presenta la gente de esta región son altas, aunque existe una pequeña población de personas con bajos recursos, que se encuentran en la zona de "Cien Casitas". La gran mayoría del agua residual es de tipo doméstico, una parte proviene del Hospital de Perinatología, y otra parte de una gasolinería, que se encuentran ambas en esta región. La zona goza de un buen sistema de drenaje, las inundaciones son poco frecuentes ó nulas, y hay poca escasez de agua.

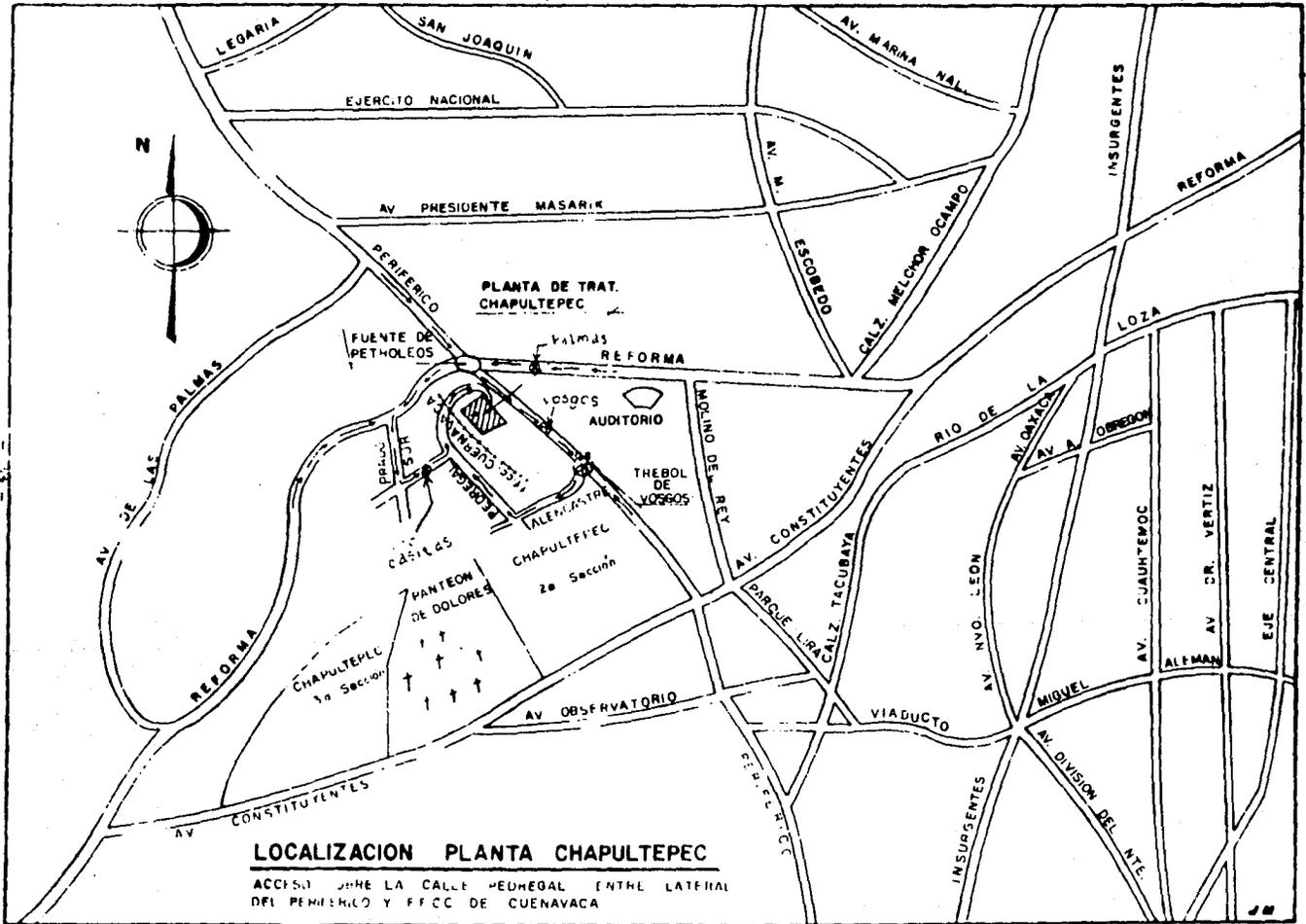
## 2.2 Toma de las Muestras:

Para el presente estudio se analizaron por duplicado un total de 60 muestras de lodos primarios y 60 de lodos secundarios divididas en dos series (A y B) para cada tipo de lodo, colocando las muestras de la serie "A" en recipientes distintos a los de la serie "B", con el fin de observar las posibles variaciones que pudieran presentarse en los resultados por la diferente toma de muestra. La toma se efectuó dejando un espacio de por lo menos 48 horas entre una y otra.

Se recogieron las muestras de la siguiente manera:

- La del lodo primario se tomó al abrir el conducto que sale del tanque "Imhoff" que se localiza en la unidad I de la planta. (ver fig. 2.2 y 2.3).

- La del lodo secundario se recogió sumergiendo el recipiente en el sedimentador secundario de la unidad II de la planta. (ver fig. 2.2 y 2.3).



**LOCALIZACION PLANTA CHAPULTEPEC**

ACCESO POR LA CALLE MEDREGAL ENTRE LATERAL DEL PERIFERICO Y FFCC DE CUENAVACA



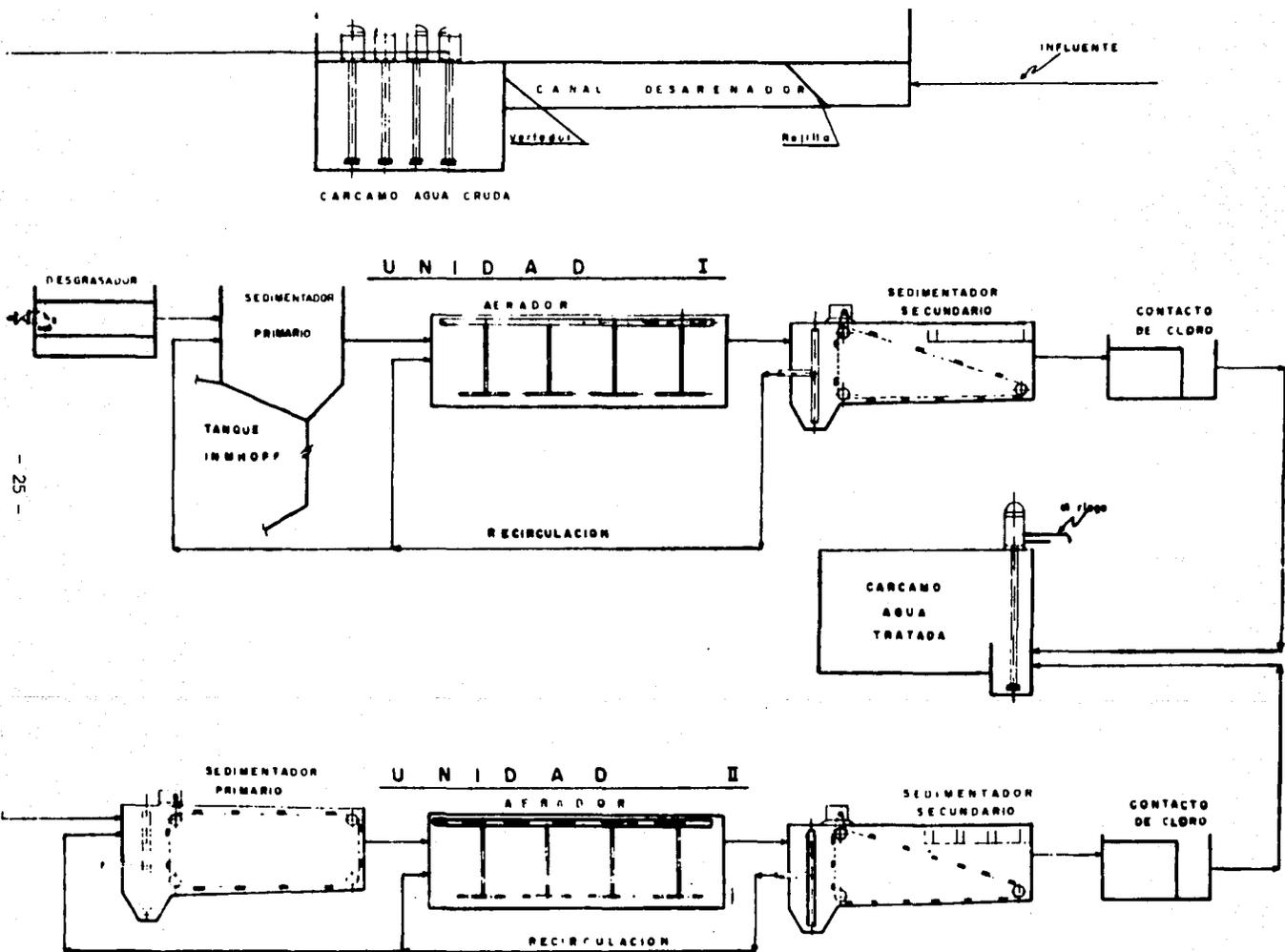


Fig. 2.3 PLANTA CHAPULTEPEC

(Cortesía de la Planta Chapultepec, por autorización de la DEXOH.)

Las muestras se colocaron en recipientes de plástico, y se transportaron a los laboratorios de Ingeniería Ambiental de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. en donde fueron almacenados bajo condiciones de refrigeración.

El proceso de las muestras fué realizado durante las primeras 24 horas después de haberlas tomado.

### 2.3 Proceso de las Muestras:

El proceso de las muestras se realizó en el laboratorio de Parasitología del Departamento de Ecología Humana de la Facultad de Medicina en la U.N.A.M. mediante los siguientes métodos:

- Examen Directo<sup>20,26</sup>:

Por medio de este método se observa el panorama general de las especies que se encuentran en los lodos, en lo que se refiere a trofozoitos de parásitos y movilidad de organismos que se encuentran vivos.

- Método Coproparasitoscópico (CPS) Cuantitativo de Concentración por Centrifugación-Flotación (Método de Ferreira 1:10).

Esta técnica se fundamenta en la capacidad que tiene el sulfato de zinc con densidad de 1.192°Baumé para hacer flotar a los parásitos que se encuentran en el sedimento de las muestras previamente centrifugadas, de tal manera que, al adicionar el reactivo, las formas parasitarias que han flotado se depositan en el tubo estrecho de la campana de Ferreira (fig. 2.4), las cuales se trasladan hacia un portaobjetos y son arrastradas y teñidas mediante una gota de lugol, para su posterior observación bajo el microscopio<sup>12,20</sup>.

### 2.4 Materiales Empleados:

#### a) Reactivos:

- Sal de sulfato de zinc Q.P.
- Sal de cloruro de sodio Q.P.
- Sal de yoduro de potasio Q.P.

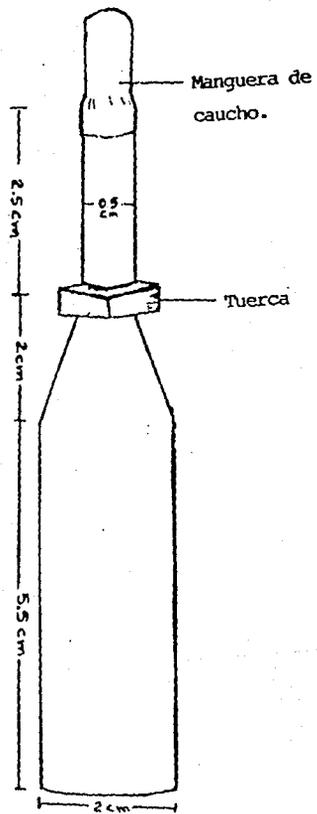


Fig. 2.4 CAMPANA DE FERREIRA.  
 (Tomado de Salazar Y De Haro, 1986.).

- Yodo cristaloides
- Agua destilada
- Agua de la llave

b) Soluciones

- Solución de sulfato de zinc con densidad de 1.192°Baumé.

Para prepararla se solubiliza sal de sulfato de zinc en agua destilada hasta llegar a la densidad mencionada anteriormente, midiendo con un densímetro.

- Solución Salina Isotónica.

Para su preparación se mezclan los reactivos del modo siguiente:

Na Cl	8.5 g.
H <sub>2</sub> O dest.	1000 ml.

- Solución de Lugol:

Solución madre

Yodo cristaloides	5 g.
Yoduro de potasio	10 g.
Agua destilada	100 ml.

Solución de trabajo:

Soln. madre	1 volumen
Agua destilada	1 volumen

c) Material de vidrio:

- Tubo de 25 x 100 mm.
- Portaobjetos de 25 x 75 mm.
- Cubreobjetos de 22 x 40 mm.

- Embudo de vidrio ó polietileno de 10 cm. de diámetro
- 1 probeta graduada de 100 ml.
- Matraces erlenmeyer de 1 L. para la preparación de las soluciones.
- Micrómetro objetivo
- Micrómetro ocular

d) Aparatos:

- Balanza granataria
- Centrífuga con camisas para tubos de 25 x 100 mm.
- Microscopio compuesto
- Microscopio Carl. Zeiss modelo Ultraphot

e) Otros

- Botes de plástico con capacidad de 100 ml. por lo menos, para obtención de muestras.
- Recipientes de plástico de boca ancha para pesar las muestras.
- Asas parasitológicas
- Gradilla para tubos de 25 x 100 mm.
- Tela de alambre con espacios de 1 a 5 mm.
- Abatelenguas
- Pizetas
- Campana de Ferreira (Ver. Fig. 2.4)
- Rollos fotográficos 35 mm. 100 ASA

2.5 Procedimiento Empleado:

El procedimiento que se siguió para el proceso de las muestras se divide en tres fases:

a) Examen Directo:

- Se coloca una gota de solución salina isotónica sobre un portaobjetos de vidrio.
- Enseguida se adiciona una asada de la muestra de lodo, y se mezcla homogéneamente.

- Se coloca encima un cubreobjetos de vidrio.
- Se observa posteriormente bajo el microscopio compuesto con los objetivos de 10x y de 40x.
- Se reporta:
  - Los microorganismos móviles
  - Los microorganismos inmóviles

Se realiza lo anterior, pero en lugar de utilizar solución salina isotónica se emplea la solución de trabajo de Lugol.

b) Examen CPS de Concentración por Centrifugación-Flotación de Ferreira 1:10 Cuantitativo.

- Se pesa el recipiente para depositar las muestras.
- Se añaden 3 g. de lodo al recipiente anterior, pesándolo en la balanza granataria.
- Después se adiciona agua de la llave hasta completar 30 ml para hacer la dilución 1:10.
- Se homogeneiza perfectamente la suspensión.
- Se pasa a través de la tela de alambre colocada en un embudo previamente y se recibe la suspensión en un tubo de vidrio de 25 x 100 mm. colocado en una gradilla.
- Se centrifuga durante 1½ minuto a 2,000 rpm.
- Enseguida se decanta el sobrenadante; si se encontraba turbio, se lava ahora el sedimento adicionando agua nuevamente hasta 30 ml. resuspendiendo y centrifugando. Los lavados se realizan hasta que el sobrenadante quede claro.
- Después de centrifugar y desechar el sobrenadante el sedimento se resuspende con 2 ó 3 ml. de sulfato de zinc de densidad 1.192°Baumé.
- Se introduce en el tubo de vidrio la campana de Ferreira mostrada en la figura 2.4.
- Se adiciona más solución de sulfato de zinc hasta que se llene el tubo estrecho de la campana de Ferreira.
- Posteriormente se centrifuga el tubo con la campana en su interior durante 1½ minuto a 2,000 rpm.
- Después se comprime fuertemente con los dedos el trocito de manguera de caucho que tiene la campana de Ferreira en su extremo anterior, y se

saca del tubo.

- Sin soltar la manguerita de caucho, se invierte de posición la campana, y por su extremo posterior se adiciona una gota de lugol.
- Así mismo, se coloca de esta forma la campana sobre el portaobjetos de tal manera que al dejar de oprimir la manguerita de caucho, el contenido del tubo estrecho que contiene las formas parasitarias se deposite en el portaobjetos.
- Entonces se deja caer lentamente el cubreobjetos sobre el portaobjetos y se observa bajo el microscopio con los objetivos de 10X y 40X.
- Se cuentan todos los parásitos encontrados, y el resultado final para cada tipo de parásito se multiplica por el factor "5", con excepción de los quistes.

El factor "5" por el que se multiplica el número de parásitos resultantes, se explica en el trabajo del Dr. Biagi y colaboradores, en el cual se observa que hay algunas causas que provocan la pérdida de huevos de parásitos y no se obtienen todos los que se tenían en el contenido inicial, con este factor se logran corregir estos errores. Al multiplicar por el factor "5", previo cálculo de dicho factor, se obtiene el resultado expresado en huevos ó larvas por gramo de lodo.

- c) En este momento es cuando se fotografiaron los parásitos y las especies de vida libre que se encontraron en las preparaciones mediante el microscopio Carl Zeiss Modelo "Ultraphot" con el cual se tomaron las fotografías microscópicas de preparaciones en fresco y teñidas con lugol.

### CAPITULO III

## RESULTADOS

El trabajo práctico se realizó durante los meses de junio a noviembre analizándose un número total de sesenta muestras divididas en dos series (A y B) para cada uno de los dos tipos de lodos como se mencionó anteriormente en el capítulo de "Materiales Y Metodología Empleada".

Los resultados obtenidos son los siguientes:

### 3.1 Aspecto Físico de los lodos:

- Generalmente el lodo primario presenta una consistencia espesa; color, de café oscuro a negro; olor, sulfuroso y penetrante.
- El lodo secundario muestra una consistencia menos espesa que el primario; color café claro; poco oloroso; con gran cantidad de agua.

### 3.2 Equivalencia Peso-Volumen de los lodos:

Se calculó el peso de una unidad de volumen de lodo, con el fin de extrapolar los resultados cuantitativos obtenidos, a datos reales de los lodos que circulan por el drenaje. El resultado fué el siguiente:

1 ml. equivale aproximadamente a 1 gr. de cualquiera de los lodos. O sea, 1 litro de lodo equivale a 1 Kg. de lodo.

### 3.3 Formas Viabiles Detectadas:

Estas formas se detectaron mediante examen directo observando su movilidad el cual es un indicativo de esta viabilidad. Entre las especies que así se detectaron se encuentran: larvas rhabditoides y filariformes, así como adultos de Strongyloides sp. y de uncinarias; los ciliados de vida libre que se detectaron se reportan en las tablas (3.5 y 3.6); así como rotíferos, protozoarios de vida libre y otros. Mediante el examen CPS de Ferreira se detectaron huevos larvados e inclusive eclosionando de Ascaris lumbricoides, lo que indica que se encuentran viables.

### 3.4 Frecuencia de Parásitos en los lodos:

En las siguientes tablas 3.1 y 3.2 se presenta la frecuencia de parásitos encontrados en los lodos, considerando el 100 % al número total de muestras analizadas y el porcentaje resultante para cada parásito indica el equivalente al número de muestras en que se hallaron.

TABLA 3.1: Frecuencia con que se encontraron parásitos humanos en el lodo Primario.

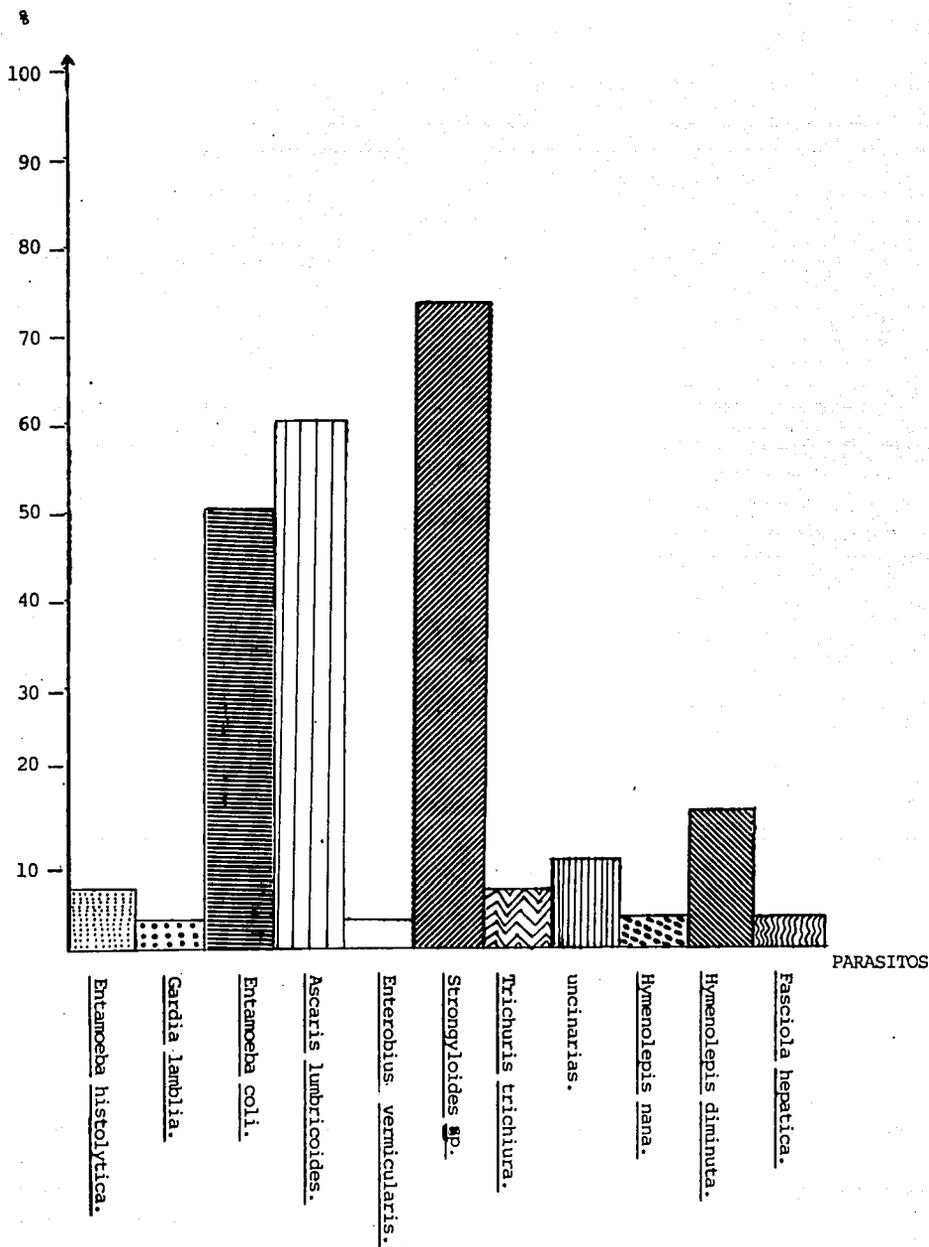
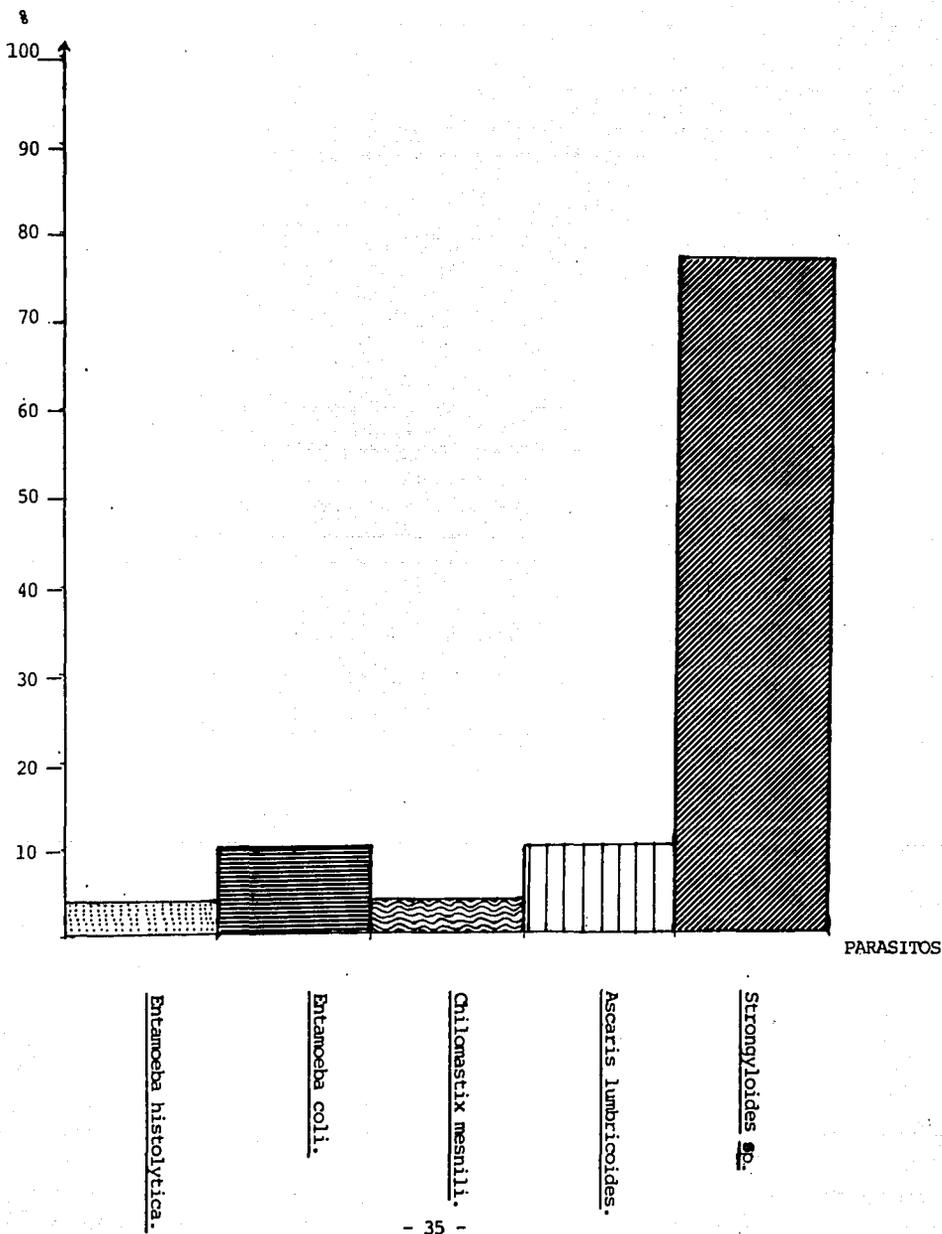


TABLA 3.2: Frecuencia con que se encontraron parásitos en el lodo Secundario.



### 3.5 Resultados Cuantitativos de los Parásitos Detectados en las Muestras.

El resultado cuantitativo final de los parásitos identificados, se reportó con un rango de aproximación de los datos obtenidos en las dos clases de series para cada tipo de muestra, esto con el fin de dar una mayor precisión en los resultados finales. Estos se muestran en las tablas 3.3 y 3:4.

Las abreviaturas empleadas son las siguientes:

h.g.l. = huevos por gramo de lodo

l.g.l. = larvas por gramo de lodo

a.g.l. = adultos por gramo de lodo

TABLA 3.3: Número de parásitos por gramo de lodo encontrados en el lodo Primario.

No. de la muestra	Parásitos	No. de Parásitos
1		-
2		-
3	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
4		-
5	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
6	<u>Fasciola hepatica.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
7	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 135 a 180 l.g.l.
8	<u>Trichuris trichiura.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
9	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 l.g.l.
10		-
11	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.
12	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.
13	<u>Strongyloides sp.</u>	de 10 a 20 l.g.l.
14	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.

	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Enterobius vermicularis.</u>	de 1 a 5 a.g.l.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 15 h.g.l.
15	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 5 a 30 l.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 a.g.l.
	<u>Hymenolepis nana.</u>	de 5 a 10 h.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 5 a 15 h.g.l.
16	<u>Strongyloides sp.</u>	de 35 a 45 l.g.l.
	uncinarias	de 1 a 5 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
17	<u>Trichuris trichiura.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 20 a 30 l.g.l.
18	<u>Strongyloides sp.</u>	de 20 a 35 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 20 h.g.l.
19	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 30 a 45 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 5 a 15 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 h.g.l.
20	<u>Strongyloides sp.</u>	de 15 a 35 l.g.l.
	uncinarias	de 1 a 5 a.g.l.
	<u>Hymenolepis diminuta.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	escasos quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 10 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 10 a 30 l.g.l.
21	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 a.g.l.
	<u>Hymenolepis diminuta.</u>	de 1 a 5 h.g.l.

	<u>Entamoeba coli.</u>	escasos quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 10 h.g.l.
22	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 20 a 45 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	escasos quistes.
23	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 40 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 10 a 40 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 10 h.g.l.
24	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 210 a 490 l.g.l.
	<u>Hymenolepis diminuta.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
25	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 10 a 20 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 35 a 50 l.g.l.
	<u>Gardia lamblia.</u>	escasos quistes.
26	<u>Entamoeba histolytica.</u>	escasos quistes.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 20 l.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	escasos quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 25 h.g.l.
27	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 5 a 15 l.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 a.g.l.
	<u>Entamoeba coli.</u>	abundantes quistes.
	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 20 l.g.l.
	uncinarias	de 1 a 5 a.g.l.

29	<u>Entamoeba coli.</u> <u>Ascaris lumbricoides.</u> <u>Strongyloides sp.</u> <u>Hymenolepis diminuta.</u>	abundantes quistes. de 1 a 5 h.g.l. de 5 a 20 l.g.l. de 1 a 5 h.g.l.
30	<u>Entamoeba histolytica.</u> <u>Entamoeba coli.</u> <u>Ascaris lumbricoides.</u> <u>Strongyloides sp.</u> <u>Hymenolepis diminuta.</u>	escasos quistes. abundantes quistes de 1 a 20 h.g.l. de 20 a 30 l.g.l. de 1 a 5 h.g.l.

TABLA 3.4: Número de parásitos por gramo de lodo encontrados en el lodo Secundario.

No. de la muestra	Parásitos	No. de Parásitos
1		-
2		-
3		-
4	<u>Entamoeba coli.</u>	escasos quistes.
5		-
6	<u>Ascaris lumbricoides.</u>	de 1 a 5 h.g.l.
7	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.
8	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.
9	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 l.g.l.
10	<u>Strongyloides sp.</u>	de 5 a 10 l.g.l.
11		-
12	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.l.
13	<u>Strongyloides sp.</u>	de 5 a 10 l.g.l.
14	<u>Strongyloides sp.</u>	de 15 a 25 l.g.l.
15	<u>Ascaris lumbricoides.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.l. de 10 a 45 l.g.l.

16	<u>Ascaris lumbricoides.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.1. de 15 a 20 l.g.1.
17	<u>Strongyloides sp.</u>	de 5 a 15 l.g.1.
18	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.1.
19	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 15 l.g.1.
20	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 l.g.1
21	<u>Strongyloides sp.</u>	de 10 a 15 l.g.1.
22	<u>Strongyloides sp.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 h.g.1. de 1 a 40 l.g.1.
23	<u>Strongyloides sp.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 h.g.1. de 1 a 10 l.g.1.
24	<u>Strongyloides sp.</u>	de 10 a 15 l.g.1.
25	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 l.g.1.
26	<u>Entamoeba coli.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	escasos quistes. de 1 a 10 l.g.1.
27	<u>Entamoeba histolytica.</u> <u>Entamoeba coli.</u> <u>Chilomastix mesnili.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	escasos quistes. abundantes quistes. abundantes quistes. de 10 a 20 l.g.1.
28	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.1
29	<u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 5 l.g.1.
30	<u>Strongyloides sp.</u> <u>Strongyloides sp.</u>	de 1 a 10 l.g.1. de 1 a 5 a.g.1.

### 3.6 Características que Presentan las Especies de vida Libre Halladas en los Lodos:

Se señalan en las tablas 3.5 y 3.6 las especies de vida libre que se encontraron en los lodos y los efectos que pueden producir; estos resultados tienen las siguientes finalidades:

- Observar el tipo de microorganismos que se encuentran en los lodos.
- Observar las diferencias que existen en los ecosistemas de cada uno de los lodos.
- Observar el estado en que se encuentran los lodos por los procesos biológicos que llevan a cabo los microorganismos que contienen.

TABLA 3.5: Especies de vida libre halladas en los lodos.

LODO PRIMARIO

PROTOZOARIOS

Arcella vulgaris.  
Oikomonas sp.  
paramecium sp.  
Astasia sp.  
Blepharisma sp.  
Prorodon sp.  
Euglena sp.  
Ichthyphthirius sp.  
Colpoda sp.  
Volvox sp.

DIATOMEAS

Stephanodiscus sp.  
Melosira sp.

ALGAS VERDES

Pediastrum sp.  
Protococcus sp.  
Tribonema sp.  
Oedogonium sp.  
Microspora sp.

CIANOFICEAS

Phormidium sp.  
Anabaena sp.  
Oscillatoria sp.  
Rivularia sp.  
Polycistis sp.  
Nostoc sp.

LODO SECUNDARIO

PROTOZOARIOS

Arcella vulgaris.  
Oikomonas sp.  
Paramecium sp.  
Astasia sp.  
Aspidisca sp.  
Carchesium sp.  
Cinetochilum sp.  
Bodo sp.  
Vorticella sp.  
Actinophrys sp.  
Euglena sp.  
Epistylis sp.  
Trachelophyllum sp.  
Entosiphon sp.  
Opercularia sp.  
Vampyrella sp.  
Tokophrya sp.  
Naeqleria sp.  
Zoothamnium sp.

ALGAS VERDES .

Pediastrum sp.  
Kirchneriella sp.  
Protococcus sp.

CIANOFICEAS

Spirulina sp.  
Coelosphaerium sp.

Spirulina sp.

HONGOS

Microsporium sp.

Ascosporas maduras de

Chaetomium globosum.

HELMINTOS

Nemátodos de vida libre

Aspicularis tetráptera.

Passalurus ambiguus.

Syphacia obvelata.

Heterodera marioni.

ROTIFEROS

Philodina sp.

Euchlanis sp.

CRUSTACEOS

Canthocamptus sp.

Eurycercus sp.

ROTIFEROS

Philodina sp.

Euchlanis sp.

CRUSTACEOS

Eurycercus sp.

TABLA 3.6: Características que presentan las especies de vida libre halladas en los lodos y los efectos que producen.

MICROORGANISMOS

CARACTERÍSTICAS QUE PRESENTAN

PROTOZOARIOS

Arcella vulgaris.

Sarcodino que vive en condiciones mesosaprobias\*; se alimenta de diatomeas y frecuentemente se le encuentra en vegetales y en aguas estancadas.

Oikomonas sp.

Flagelado que vive en condiciones polisaprobias\*, puede, soportar condiciones anaeróbicas; es autótrofo y se alimenta de algas verde-azules y de bacterias; se le encuentra en aguas dulces.

Astasia sp.

Flagelado heterótrofo que se alimenta de compuestos orgánicos disueltos y de bacterias; se le encuentra en aguas dulces.

Euglena sp.

Flagelado que vive en condiciones polisaprobias\*, puede soportar condiciones anaeróbicas, utiliza nutrientes orgánicos en solución, y también se alimenta de bacterias; presenta fototactismo y, se encuentra en hábitats de agua dulce.

Entosiphon sp.

Flagelado que vive en condiciones polisaprobias\*, se alimenta de compuestos orgánicos disueltos y de bacterias. Se le encuentra en hábitats de agua dulce.

Naeqleria sp.

Amebo-flagelado que se alimenta de bacterias y puede resistir cambios ambientales enquistándose. Su hábitat es el suelo.

Bodo sp.

Flagelado que vive en condiciones polisaprobias\*, tolera las condiciones anaeróbicas; se alimenta de bacterias y materia orgánica en solución.

Volvox sp.

Flagelado que vive en condiciones oligosaprobias\*; se alimenta de materia orgánica en solución; se agrupan formando colonias de 500 µc. de diámetro. Es fotosintetizante. Se le encuentra en aguas dulces.

Paramecium sp.

Ciliado que vive en condiciones polisaprobias\*, tolera las condiciones anaeróbicas; se alimenta de bacterias y materia orgánica. Se le encuentra en aguas dulces.

Colpoda sp.

Ciliado que vive en el suelo, se alimenta de bacterias y de materia orgánica. Se le encuentra en aguas dulces.

Prorodon sp.

Ciliado que soporta ambientes con altas concentraciones salinas; se alimenta de bacterias y materia orgánica; Se encuentra en hábitats de aguas dulces.

Blepharisma sp.

Ciliado que se alimenta de materia orgánica y bacterias. Se le encuentra en hábitats de agua dulce.

Aspidisca sp.

Ciliado que vive en condiciones mesosaprobias\*, se alimenta de materia orgánica, bacterias y algunas especies de diatomeas.

Trachelophyllum sp.

Ciliado que se alimenta de materia orgánica disuelta y bacterias. Vive en ambientes de agua dulce.

Cinetochilum sp.

Ciliado que se alimenta de materia orgánica disuelta y bacterias. Se le encuentra en hábitats de agua dulce.

Carchesium sp.

Ciliado que habita en ambientes mesosaprobios\*; se alimenta de materia orgánica y bacterias. Se encuentra en ambientes de agua dulce.

Vorticella sp.

Ciliado que vive en condiciones mesosaprobias\*. Y en condiciones polisaprobias\* con bajas concentraciones de oxígeno habitan algunas especies. Se alimentan de materia orgánica y bacterias. Se encuentra en aguas dulces.

Epistylis sp.

Ciliado que vive en condiciones mesosaprobias\*. Se alimenta de materia orgánica y bacterias. Se encuentra en hábitats de agua dulce.

Opercularia sp.

Ciliado que vive en condiciones mesosaprobias\*. Se alimenta de materia orgánica y bacterias. Se encuentra en hábitats de agua dulce.

Actinophrys sp.

Ciliado que vive en condiciones mesosaprobias\*. Se alimenta de materia orgánica y bacterias. Habita en aguas dulces.

Tokophrya sp.

Ciliado que vive en hábitats de agua dulce. Se alimenta de materia orgánica y bacterias.

Vampyrella sp.

Ciliado que vive en ambientes marinos y de agua dulce. Se alimenta de bacterias, parásitos de algas y plantas superiores.

Zoothamnium sp.

Ciliado que vive en ambientes marinos y de agua dulce. Se alimenta de materia orgánica y bacterias.

Ichthyophthirius sp.

Ciliado que vive en hábitats de agua dulce. Se alimenta de materia orgánica y de bacterias.

Acineta sp.

Protozoario que presenta tentáculos en sus extremos superiores. Se alimenta de otros protozoarios; es un suctor. Succiona materiales orgánicos mediante sus tentáculos.

## DIATOMEAS

Se consideran como algas unicelulares ó coloniales con pared silicificada; son fotosintetizantes. Son fuente alimenticia de animales, peces y protozoarios. Se encuentran en hábitats de agua dulce y salados, en regiones templadas y frías, y en las estaciones de primavera y otoño se encuentran en cantidades numerosas.

## ALGAS VERDES

En términos generales, son clorofitas; se encuentran en hábitats de agua dulce y salados; son fotosintéticos. En un tanque de sedimentación pueden dar origen a malos olores. Reducen el oxígeno y la materia orgánica.

Las siguientes especies presentan además de lo anterior otras características.

### Oedogonium sp.

Se encuentran en arroyos. Son fuente de alimento de animales acuáticos; forman depósitos de calizas.

### Chlamydomonas sp.

Flagelado que se le encuentra en el suelo húmedo y en bancos de nieve.

## ALGAS VERDE-AZULES

Se encuentran en hábitats terrestres, aguas dulces y marinas. Son fotosintetizantes. Se alimentan de compuestos orgánicos simples como la glucosa y el lactato. (Las siguientes especies además de lo anterior presentan otras características.).

### Anabaena sp.

Flotan en lagos, estanques y charcos. Son fuente de alimento de animales. Un crecimiento descontrolado dará un mal sabor al agua.

### Oscillatoria sp.

Se le ha encontrado en terrenos subaéreos.

### Polycistis sp.

Son abundantes en lagos y aguas dulces.

### Nostoc sp.

Se encuentra en el suelo y aguas dulces.

spirulina sp.

Se encuentra en zonas planctónicas, en aguas salobres y saladas más frecuentemente que en dulces.

HONGOS

Chaetomium globosum

Es celulolítico.

Microsporium sp.

Algunas especies son parásitas del hombre y de animales. Son queratinolíticos. La enfermedad se conoce con el nombre de tifa.

HELMINTOS

Aspicularis tetráptera.

Nemátodo parásito de ratas y ratones. Su órgano blanco es el colon. Las hembras depositan los huevos en la luz intestinal y salen ~~al exterior~~ con las heces. La infección se adquiere con la ingestión de los huevos.

Passalurus ambiguus.

Nemátodo, parásito de la liebre y del conejo. El órgano blanco de la infección es el intestino causando cólicos repetidos, enteritis y enflaquecimiento, prurito anal que puede producir la rotura ó caída de las cerdas de la cola.

Syphacia obvelata.

Nemátodo, parásito de roedores, e inclusive de conejillos de indias. Produce las mismas afecciones que Passalurus ambiguus.

Heterodera marioni.

Nemátodo, parásito de vegetales; se adhiere y penetra en las membranas del huésped por medios mecánicos. Reacciona con quimiotactismo y por las sustancias que difunden en el suelo las raíces del vegetal.

ROTIFEROS

Son animales que abundan en los lagos y pantanos de agua dulce que se distinguen por tener una corona ciliar en su extremo anterior que les sirve para acarrear sus alimentos. Se alimentan de protozoarios, otros

rotíferos, otros metazoarios pequeños y dinoflagelados. La mayoría son benéficos y abundantes. Pueden tolerar los cambios más drásticos de condiciones físicas. Hay especies que viven sobre crustáceos. La mayoría son ovíparas salvo excepciones. (Las siguientes especies presentan además de lo anterior otras características).

Philodina sp.

Es nadador y reptante; al nacer muere el progenitor.

Euchlanis sp.

Es nadador y sésil.

CRUSTACEOS

Son artrópodos, casi todos son marinos, algunos son dulceacuícolas. La mayoría se encuentran en hábitats acuáticos, pero algunos se encuentran en medios terrestres húmedos.

Hábitats de agua dulce: ríos, pantanos, arroyos, acequias, charcas, canales, agua dulce.

- \* Condiciones Polisaprobias: Existe un alto contenido de materia orgánica.
- \* Condiciones Mesosaprobias: Existen medianas ó bajas concentraciones de materia orgánica.
- \* Condiciones Oligosaprobias: Existe escaso contenido de materia orgánica.

### 3.7 Características de los Mecanismos de Infección de los Parásitos Encontrados en los Lodos.

El resultado siguiente muestra los parásitos que se encontraron en los lodos, los estadios en que se hallaron, las enfermedades que pueden causar y el mecanismo mediante el cual se adquiere la infección. Esto tiene la finalidad de observar el riesgo de contraer dichas enfermedades si la gente se pone en contacto con los lodos que corren por el drenaje.

TABLA 3.7: Características de los mecanismos de infección de los parásitos encontrados en los lodos.

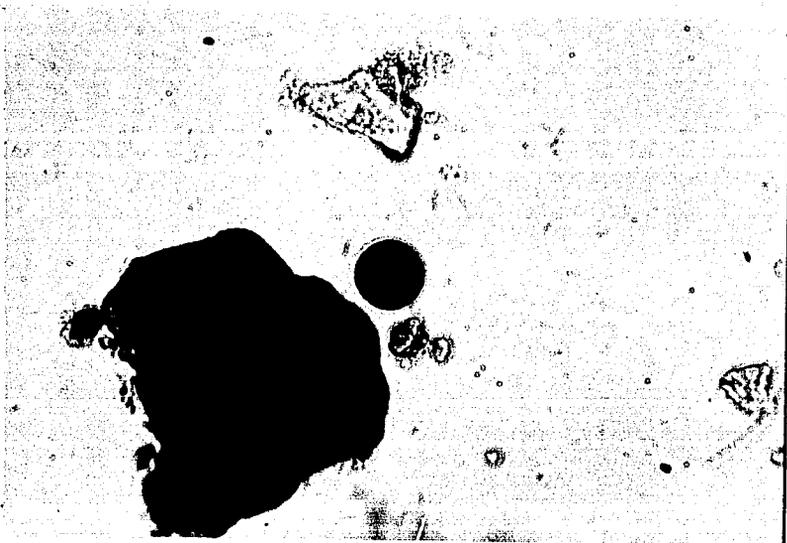
ENFERMEDAD	PARASITO	HUESPED	FORMA INFECTANTE	FORMA EN QUE SE ENCONTRO EN EL LODO	MECANISMO DE INFECCION
Amibiasis	<u>Entamoeba histolytica.</u>	hombre	Quiste y Trofozoito (solo en amibiasis mucocutánea).	Quiste, Prequiste	- Ingestión de alimentos contaminados con quistes. - En amibiasis mucocutánea por contacto directo de una persona infectada o por contigüidad.
No es Patógeno	<u>Entamoeba coli.</u>	hombre	-	Quistes y Prequistes.	
No es Patógeno	<u>Chilomastix mesnili</u>	hombre	-	Quistes	
Giardiasis	<u>Gardia lamblia</u>	hombre	Quiste	Quiste	- Ingestión de alimentos contaminados con quistes.
Fasciolosis	<u>Fasciola hepatica.</u>	-animales herbívoros -hombre	Metacercaria (quiste)	Huevo	- Ingestión de vegetales acuáticos sumergidos como los berros, que se encuentran contaminados con metacercarias.
Hymenolepiasis nana.	<u>Hymenolepis nana</u>	-Hombre -Rata -Cerdo entre otros	Huevo	huevo	- Ingestión de alimentos contaminados con huevos del parásito ó por medio de las manos contaminadas por éstos y que son llevadas a la boca.

Hymenolepiasis diminuta.	<u>Hymenolepis diminuta.</u>	- Ratas - Ratones - En ocasiones el hombre	Huevo	Huevo	- Ingestión de los huevos accidentalmente al tener contacto con las heces de los huéspedes intermediarios como -- las pulgas <u>Pulex irritans</u> y -- <u>Nosopsyllus fasciatus</u> que viven en su interior y defecan las formas infectantes.
Tricocefalosis	<u>Trichuris trichiura</u>	- hombre	Huevo embriionado	Huevo	- Ingestión de alimentos contaminados con los huevos que han permanecido viables en la tierra, la cual fue contaminada con heces de personas parasitadas, ó bien al llevarse las manos a la boca.
Enterobiasis	<u>Enterobius vermicularis</u>	- hombre	Huevo	Adulto	- Ingestión de huevos por medio de las manos que están contaminadas con estos o al usar fomes que contienen los huevos.
Ascariasis	<u>Ascaris lumbricoides</u>	- hombre	Huevo larvado	Huevo fecundado y larvado.	- Ingestión de alimentos contaminados con huevos larvados del nemátodo los cuales evolucionaron después de que gente parasitada defecó los huevos fecundados depositándolos en la tierra. También se infecta el hombre al llevarse las manos contaminadas a la boca.

Uncinaria sis	<u>Necator americanus</u> <u>Ancylostoma duodenale</u>	Hombre Hombre	larvas filari- formes	larvas, adultos	- El hombre adquiere la infección al tener contacto con las larvas filariformes que se encuentran en el suelo penetrando por la piel (generalmente espacios interdigitales) de la gente. La gente parasitada defeca larvas y huevos fecundados o larvados que eclosionan en el suelo.
	<u>Ancylostoma braziliensis</u> <u>Ancylostoma caninum</u>	Hombre perro			
Strongyloides	<u>Strongyloides stercoralis</u>	Hombre	larvas filari- formes	- larvas rhabditoides - larvas filariformes - adultos	- Es el mismo mecanismo de infección que en el caso de <u>uncinariasis</u> .

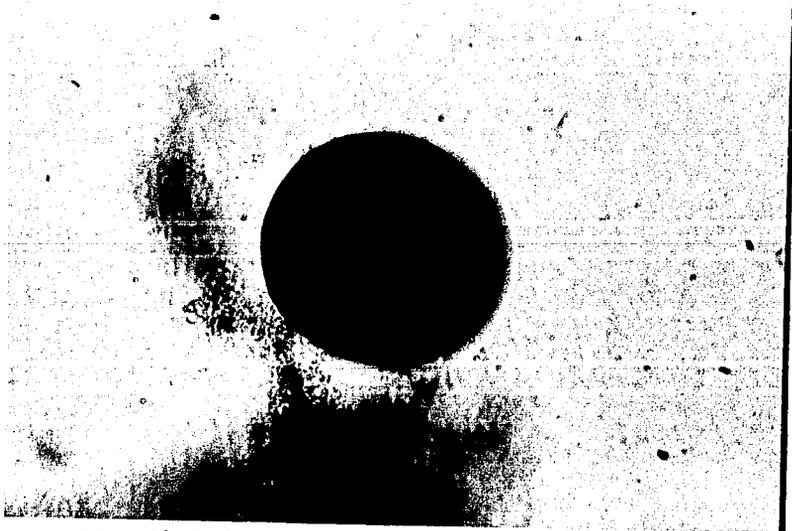
### 3.8 Fotografías de las Especies Detectadas.

A continuación se presentan fotografías de los parásitos y las especies de vida libre que se hallaron en los lodos.



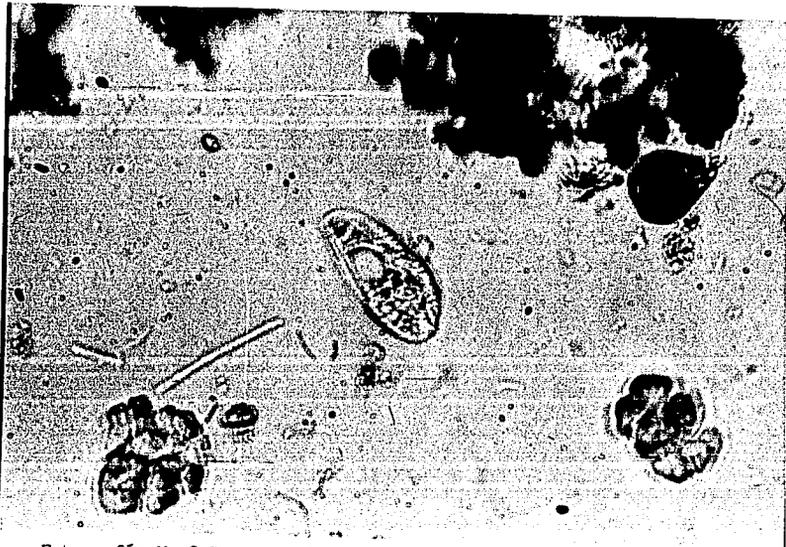
Fotografía No.1 Quiste de Entamoeba histolytica.

( X 400 ). Examen Directo.

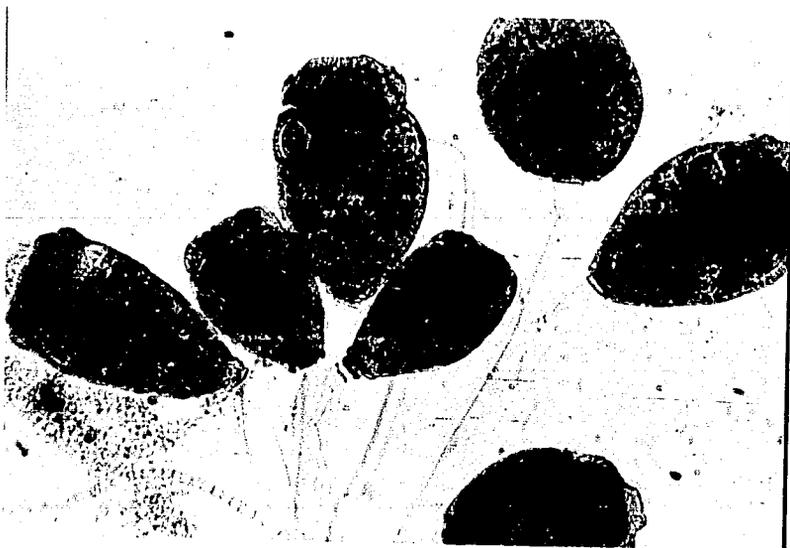


Fotografía No.2 Sarcodino de especie Arcella vulgaris.

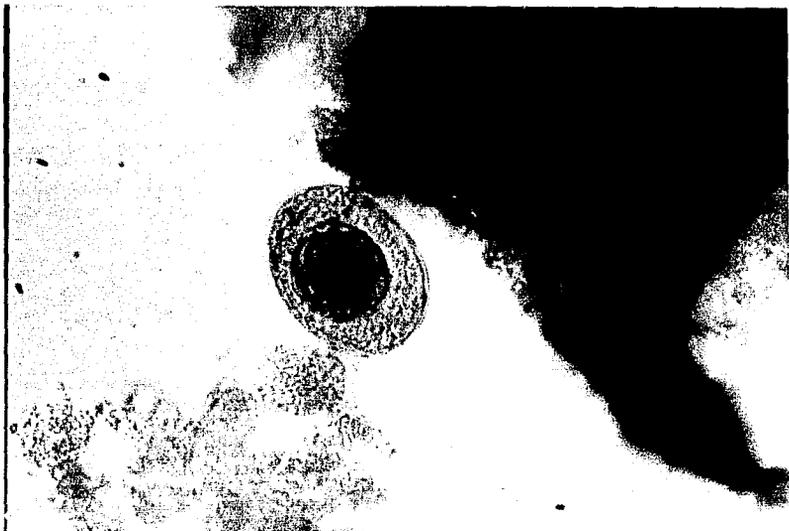
( X 400 ). Examen Directo.



Fotografía No.3 Protozooario ciliado del género Paramecium sp.  
En las partes inferiores de esta fotografía, izquierda y  
derecha. se observan algas del género Protococcus sp. ( X 400 )  
Examen Directo.

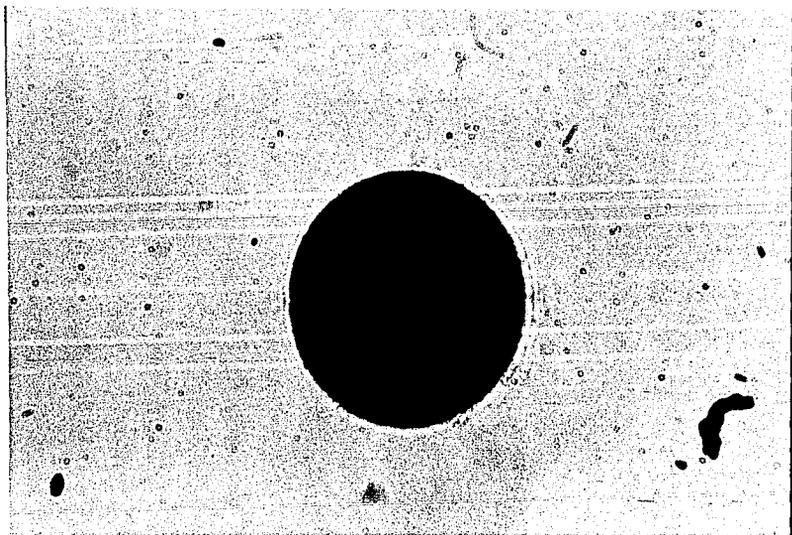


Fotografía No.4 Grupo de peritricos del género  
Epistylis sp. ( X 400 ). Examen Directo.



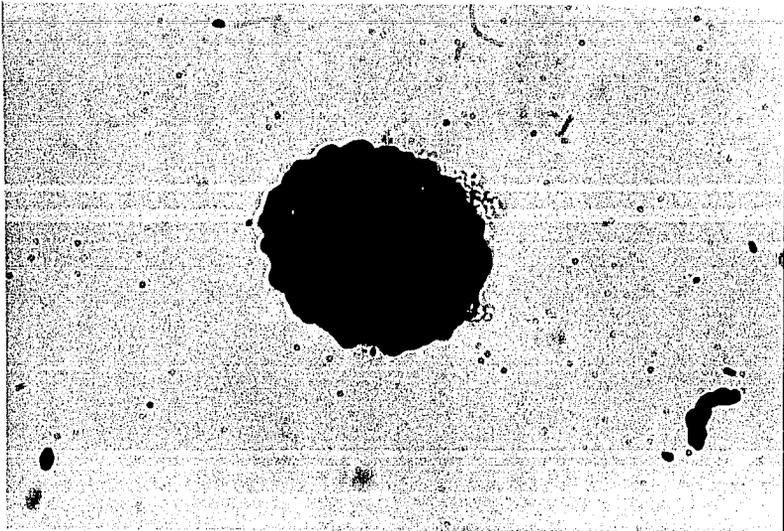
Fotografía No.5 Huevo de Hymenolepis nana.

( X 400 ).

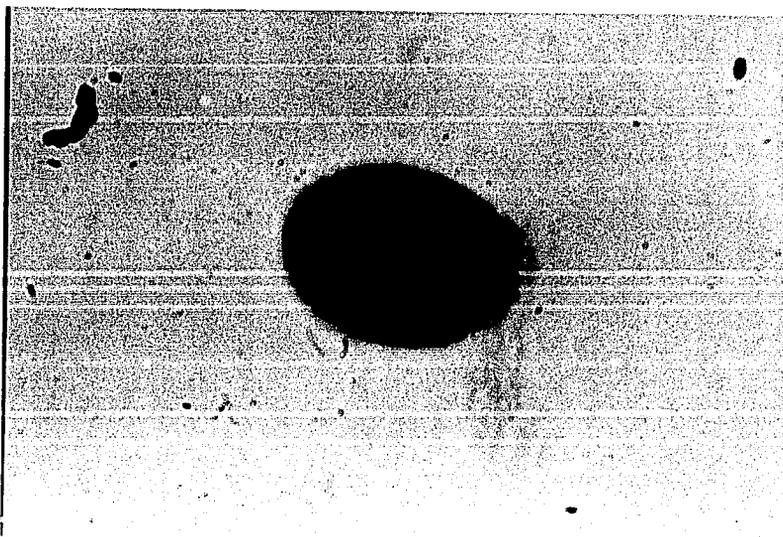


Fotografía No.6 Huevo de Hymenolepis diminuta.

( X 400 ).



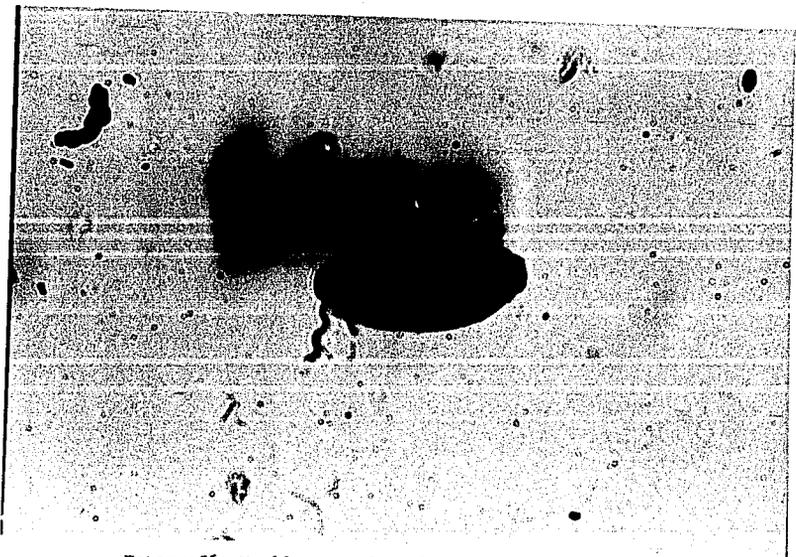
Fotografía No.7 Huevo fecundado de Ascaris lumbricoides.  
( X 400 ).



Fotografía No.8 Huevo descorticado y larvado de  
Ascaris lumbricoides. ( X 400 ).



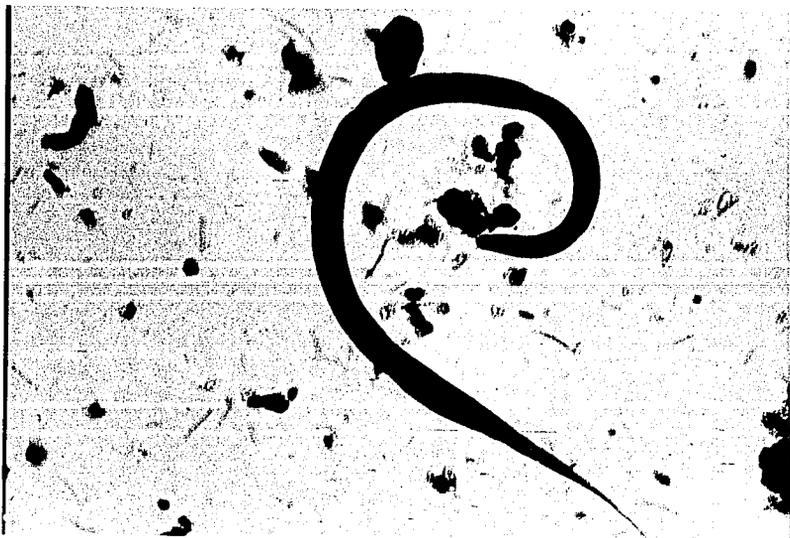
Fotografía No.9 Huevo de Ascaris lumbricoides en el momento de la eclosión y salida de la larva infectante.  
( X 400 ).



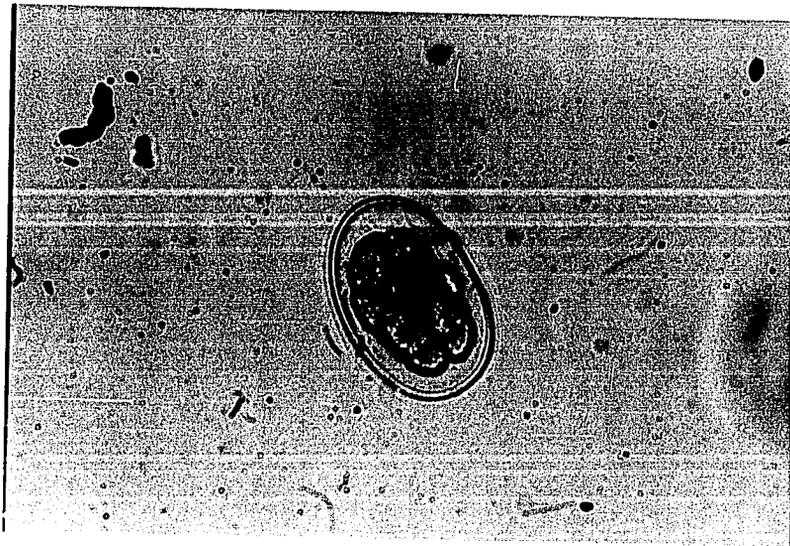
Fotografía No.10 Huevo de Trichuris trichiura.  
( X 400 ).



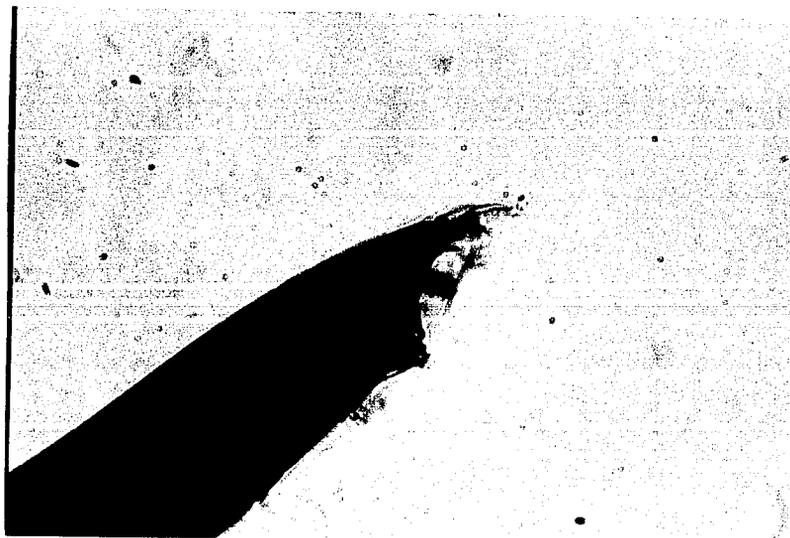
Fotografía No.11 Tres larvas de Strongyloides sp.



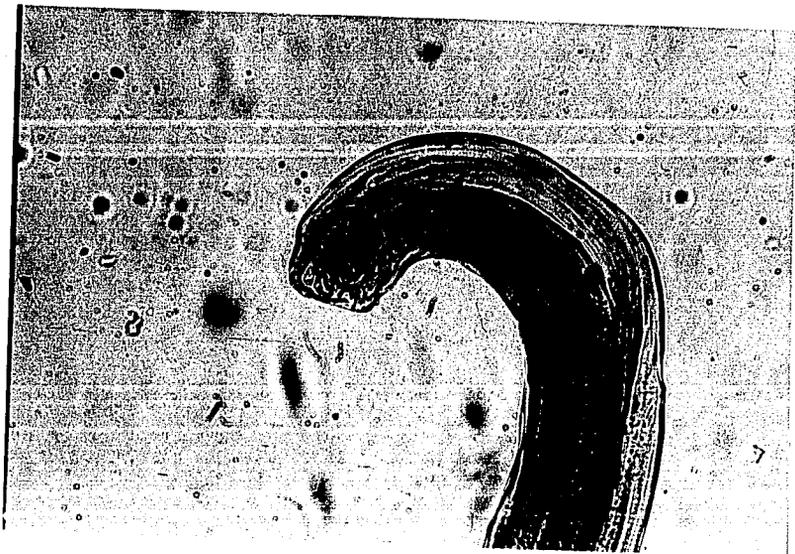
Fotografía No.12 Adulto hembra de Strongyloides sp.  
( X 400 ).



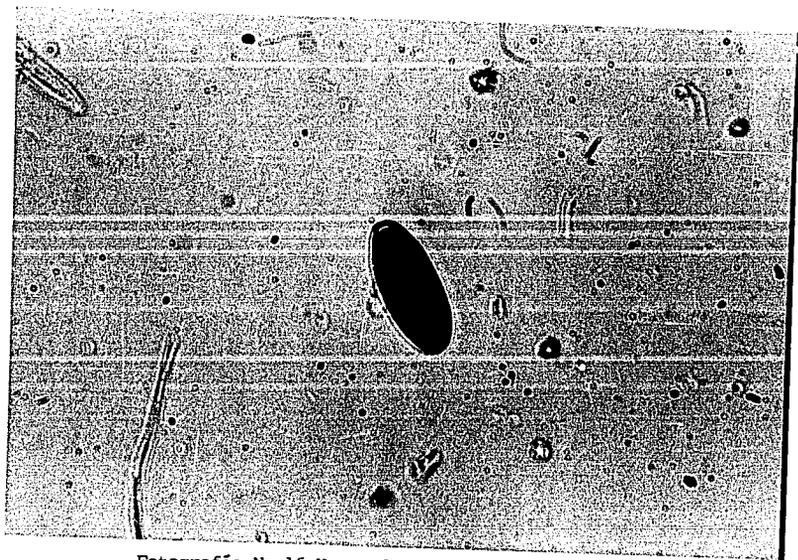
Fotografía No.13 Huevo de uncinaria. ( x 400 ).  
Examen Directo, sin teñir.



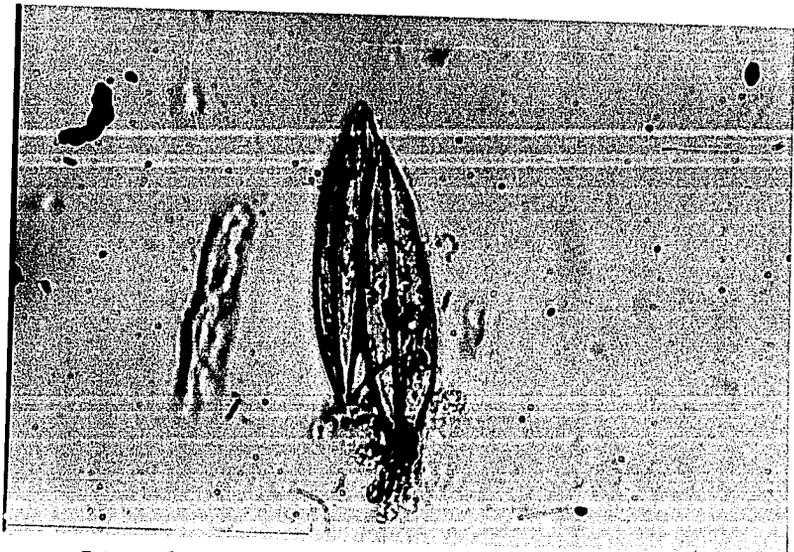
Fotografía No.14 Porción terminal de uncinaria,  
bolsa copulatrix. ( X 400 ).



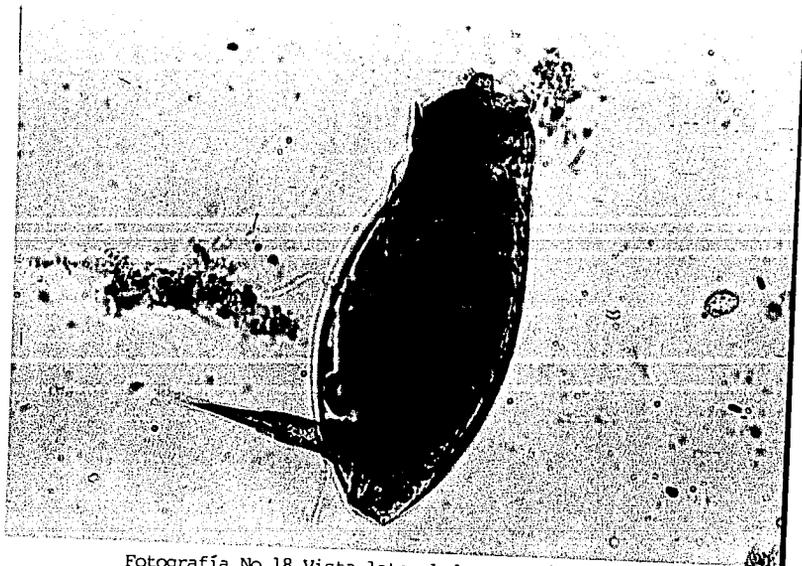
Fotografía No.15 Cápsula bucal de un adulto de la especie Necator americanus. ( X 400 ).



Fotografía No.16 Huevo de Aspiculuris tetraptera.  
( X 400 ).



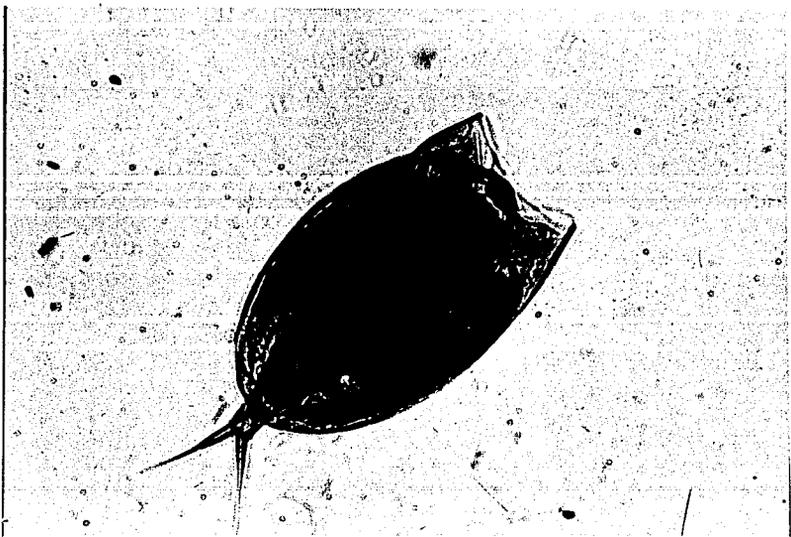
Fotografía No.17 Huevos de Syphacia obvelata. ( X 400 ).  
Examen Directo, sin teñir.



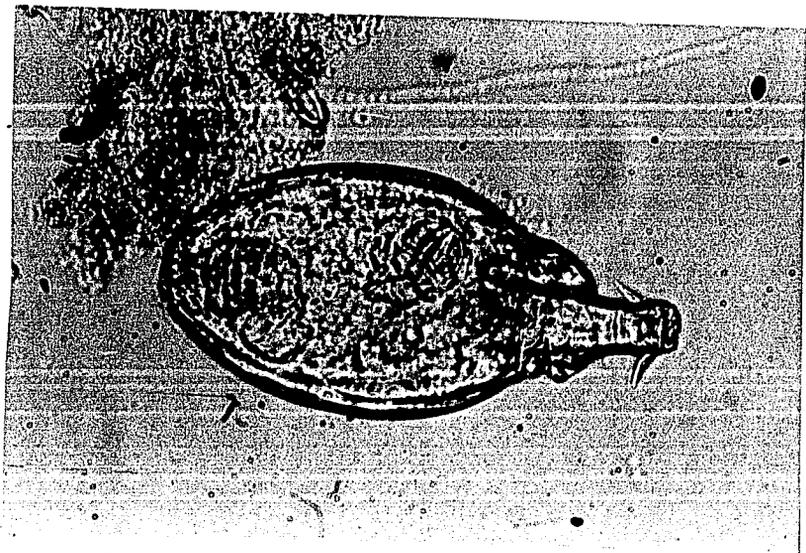
Fotografía No.18 Vista lateral de un rotífero  
del género Euchlanis sp. ( X 400 ).



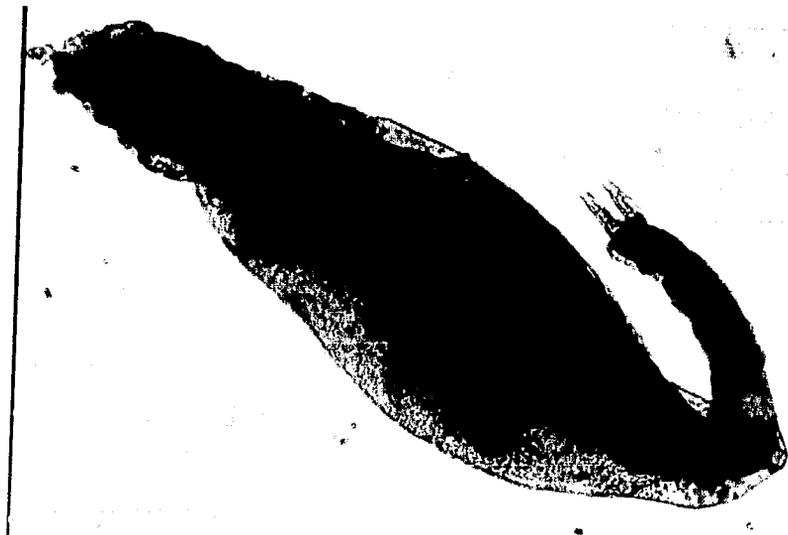
Fotografía No.19 Grupo de rotíferos del género Euchlanis sp.  
( X 100 ).



Fotografía NO.20 Vista frontal del rotífero  
Euchlanis sp. ( X 400 ).



Fotografía No.21 Rotífero del género Philodina sp. en fase de contracción. ( x 400 ). Examen Directo, sin teñir.



Fotografía No.22 Rotífero del género Philodina sp. en fase de relajamiento. ( X 400 ).



Fotografía No.23 Larva de Ixódido. ( X 200 ).  
Examen Directo, sin teñir.



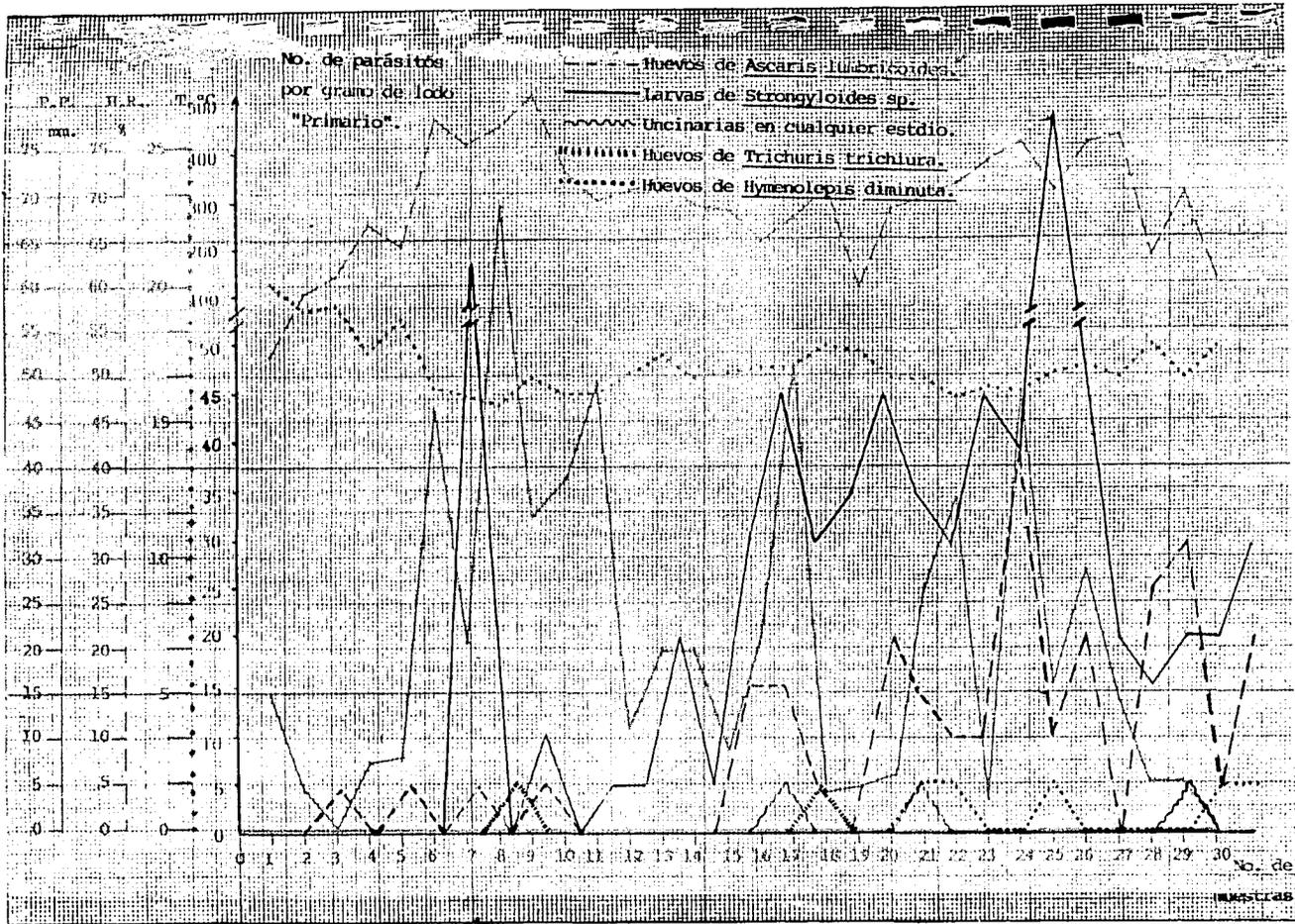
Fotografía No.24 Crustáceo del género Canthocamptus sp.  
( X 200 ). Examen Directo, sin teñir.

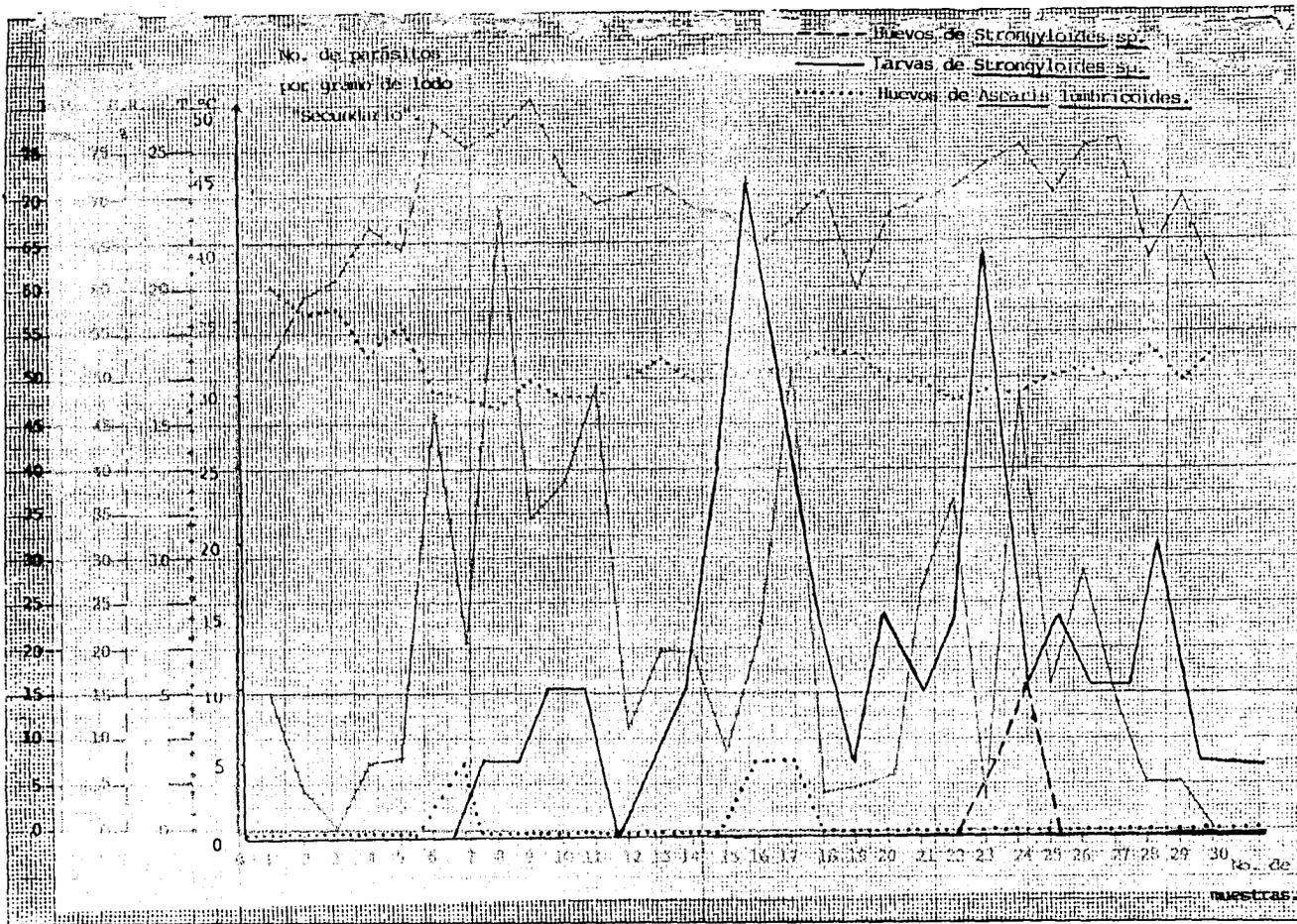
### 3.9 Relación entre Parásitos Encontrados y Variaciones Climatológicas:

Las siguientes gráficas, 3.1 y 3.2, muestran la relación que existe entre la presencia y cantidad de parásitos, con la variación de las características climatológicas a lo largo de la investigación, haciendo uso de los resultados presentados en las tablas 3.3, 3.4 y 3.8.

TABLA 3.8 Datos climatológicos de los días en que se realizó la investigación.

No. de Muestra	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Precipitación Pluvial mm.
1	20.1	51.6	14.6
2	19.0	59.0	4.2
3	19.2	60.7	0.1
4	17.5	66.6	7.2
5	18.7	64.0	8.5
6	16.3	78.2	45.7
7	15.9	75.3	18.1
8	15.6	77.2	68.2
9	16.6	80.6	34.5
10	16.0	72.0	23.6
11	16.1	69.3	49.0
12	16.7	70.2	11.4
13	17.4	71.0	39.3
14	16.6	68.5	19.8
15	16.7	68.0	8.9
16	16.9	65.0	21.3
17	17.0	66.6	50.9
18	17.7	70.2	4.3
19	17.6	59.6	4.8
20	17.4	68.7	6.3
21	16.5	69.6	26.8
22	15.9	71.2	36.1
23	16.2	73.6	3.7
24	16.2	75.2	48.3
25	16.7	70.3	15.7
26	17.0	75.2	28.1
27	16.5	76.0	14.2
28	17.7	63.2	5.4
29	16.6	70.0	10.4
30	17.8	60.7	00.0





## CAPITULO IV

### DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### 4.1 Frecuencia de Parásitos en los Lodos:

Observando la frecuencia de los parásitos hallados durante la investigación (ver tablas 3.1 y 3.2 de resultados), notamos que en el lodo primario se encuentra una cantidad mayor de distintas especies de parásitos del humano que en lodo secundario, esto es explicable si recordamos que el lodo primario está formado por los residuos sólidos de las aguas residuales crudas que solamente han sedimentado, mientras que el lodo secundario proviene del sobrenadante que se obtiene en la sedimentación primaria; así una gran cantidad de especies han sedimentado y otro número menor que no ha alcanzado a sedimentar llega al tanque de tratamiento secundario. Sin embargo vemos que los quistes de Chilomastix mesnili solo aparecen en el lodo secundario, pero en tan pequeña cantidad, que no se detectaron en el lodo primario más que en una sola ocasión en el lodo secundario (tabla 3.4) y posiblemente durante la toma de muestra no se recogieron en los recipientes para el lodo primario.

Por otro lado observamos que la frecuencia en que apareció Strongyloides sp. en el lodo primario es cercana a la del lodo secundario, mientras que la frecuencia de Ascaris lumbricoides y Entamoeba coli es mayor en el lodo primario que en el lodo secundario; esto también es explicable si vemos que Strongyloides sp. se encontró en mayor cantidad en su fase larvaria ó adulta que en su estadio de huevo y que las larvas ó adultos pueden trasladarse nadando en el sobrenadante de un lugar a otro (probablemente desde el tanque de sedimentación primario al secundario), mientras que los huevos sedimentan por su densidad pero no se pueden trasladar.

Considerando lo explicado anteriormente podríamos preguntarnos, ¿porqué las uncinarias no aparecen en el lodo secundario? aquí podemos explicarlo observando que se encuentran en pequeña cantidad en el lodo primario, en el sobrenadante queda todavía una menor cantidad que la anterior, o bien que su presencia sea nula en el lodo secundario.

#### 4.2 Resultados Cuantitativos:

Enfocando nuestra atención en la frecuencia y cantidad de muestras positivas de Strongyloides sp. en los lodos primarios y secundarios ( observar las tablas 3.3

y 3.4) cabe preguntarnos ¿porqué esta especie de nemátodo es la que aparece en mayor cantidad y frecuencia que las otras halladas? la respuesta más segura es que en su ciclo biológico hay ó puede haber vida libre en la tierra y en las condiciones que presentan los lodos esto es muy probable, ya que las larvas se alimentan de materia orgánica y bacterias que contienen los lodos (resultados de la tabla 3.7) de este modo las larvas se desarrollan hasta su fase adulta, que en estos momentos son de vida libre, y pueden copular para producir huevos. Pero considerando lo anterior, nos preguntaríamos ¿porqué las uncinarias no se encuentran también en altas concentraciones si también pueden efectuar parte de su ciclo biológico en la tierra?, lo que pasa es que estos últimos durante su ciclo de vida no presentan fase de vida libre por lo que se encuentran en cantidades menores que Strongyloides sp. en las aguas residuales que se tratan en la planta Chapultepec. Las otras especies detectadas no pueden llevar a cabo su ciclo biológico en la tierra, por lo tanto no se pueden reproducir ni desarrollar.

La mayoría de las especies aparecen en mayor cantidad en el lodo primario que en lodo secundario, debido a que en el tratamiento primario se concentran las especies que se encuentran en las aguas residuales al sedimentarse, y que en el secundario se diluyen al encontrarse en el sobrenadante después del primer tratamiento.

#### 4.3 Especies de Vida Libre Halladas:

Observando los resultados de las tablas 3.5 y 3.6 notamos que en lodo primario hay mayor número de especies de vida libre que en el lodo secundario, más sin embargo, en el lodo secundario hay más protozoarios que en el primario. Todo esto es explicable puesto que en el lodo primario se concentran todas las especies de las aguas residuales, tal y como se explicó anteriormente para el caso de los parásitos; pero por otro lado, en el lodo secundario existen más protozoarios debido a que aquel es una mezcla de microorganismos inoculados por la recirculación de lodos en el proceso, es decir, muchos de estos protozoarios forman parte del inóculo, pero no se puede asegurar que ninguno provenga de las aguas residuales y contribuyan a la contaminación biológica existente en las aguas residuales, además las bacterias sirven de alimento a protozoarios, de aquí su mayor proliferación.

En la tabla 3.5 vemos que en el lodo secundario no existen diatomeas, hongos ni helmintos. Esto es claramente y explicable si enfocamos nuestra atención en la tabla 3.6 en donde se menciona que muchos protozoarios presentes en el lodo secundario se alimentan de diatomeas y algas disminuyendo su cantidad de aquel o desapareciéndolas. El caso de los hongos y los helmintos de vida libre hallados solamente en el lodo primario, se debe a su muy baja concentración que no se alcanzan a detectar en el lodo secundario.

#### 4.4 Relación entre Parásitos Detectados y Variaciones Climatológicas:

Al principio de la investigación hay parásitos en menor cantidad que después (ver tablas 6.3 y 3.4), probablemente se deba a la variación de la época por los cambios climatológicos, como se puede observar en las gráficas 3.1 y 3.2 en donde la temperatura disminuye hasta las muestras números 6 y 7, en adelante no hay variación aparente; ó bien como se nota con la precipitación pluvial (p.p.) en que después de la muestra número 5 aumenta, y la cantidad de parásitos aumenta también, (gráfica para el lodo primario), cuando vuelve a aumentar la p.p. aumenta la cantidad de parásitos (muestras de la número 13 en adelante). Observando la humedad relativa (H.R.), no hay variaciones apreciables, solo que al principio de la investigación la H.R. es menor que después de la muestra número 5 que es cuando empieza a aumentar la cantidad de parásitos en los lodos.

Haciendo énfasis a las gráficas 3.1 y 3.2 vemos que cuando la p.p. es baja, la cantidad de parásitos es menor y viceversa. La lluvia contribuye aumentando la humedad para favorecer la permanencia de los parásitos en los lodos. También podemos observar que cuando la humedad relativa aumenta la cantidad de parásitos se incrementa (muestra de la No. 6 a la No. 10, y de la 20 a la 27, en ambas gráficas).

#### 4.5 Toma de muestra:

En cuanto a la toma de muestra notamos que no hay variación considerable entre los resultados de la serie A y B, puesto que el rango de aproximación de los resultados cuantitativos no es amplio (ver tablas 3.3 y 3.4). Esto nos indica que si se realiza la toma de muestra de la misma manera como se efectuó y bajo las mismas condiciones se obtendrán resultados que se encuentren dentro del mismo rango.

#### 4.6 Cantidad de Parásitos que Circulan por el Drenaje Diariamente.

La cantidad de lodos que la planta Chapultepec diariamente purga al drenaje de la ciudad es la siguiente<sup>20</sup>:

Lodo Primario = 1361 Kg./día.

Lodo Secundario = 913 Kg./día.

Observando los resultados cuantitativos (ver tablas 3.3 y 3.4), y ejemplificando para uno de los parásitos más frecuentes, como son los huevos de Ascaris lumbricoides, podemos hacer un cálculo matemático para extrapolar la cantidad de parásitos que circulan por el drenaje de la ciudad al purgarse los lodos de la planta Chapultepec:

Suponiendo que se encuentran en los lodos aproximadamente 10 huevos de Ascaris lumbricoides por gramo de lodo (h.g.l.); entonces la cantidad de este nemátodo que diariamente circula por el drenaje será la siguiente:

Se purgan 10 h.g.l.; sabiendo que 1 Kg. de lodo equivale a 1000 grms. del mismo, entonces existen:  $10 \times 1000 = 10,000$  huevos por Kg. de lodo (h.Kg.l.).

Si ahora multiplicamos esta cifra por la cantidad de lodo 1º y 2º, y las sumamos, obtendremos la cantidad aproximada de huevos que arroja la planta al drenaje diariamente:

$$10,000 \text{ h.kg.l.} \times 1361 \text{ Kg.} = 13,610,000 \text{ huevos, por medio del lodo 1º.}$$

$$10,000 \text{ h.Kg.l.} \times 913 \text{ Kg.} = 9,130,000 \text{ huevos, por medio del lodo 2º.}$$

$$\begin{array}{r} 13,610,000 \text{ huevos} \quad \text{lodo 1º.} \\ + \quad 9,130,000 \text{ huevos} \quad \text{lodo 2º.} \\ \hline 22,740,000 \text{ huevos} \end{array}$$

Lo anterior nos indica que la planta Chapultepec arroja diariamente más de 22 millones de huevos de Ascaris lumbricoides, es decir, por lo menos esta cantidad de parásitos circulan diariamente por el drenaje del D.F. A este resultado hay que agregar el de los otros parásitos hallados y el de las otras plantas de tratamiento de aguas residuales.

## CONCLUSIONES.

- Dado que los parásitos tanto del ser humano como de animales fueron hallados en su forma infectante durante la investigación, a excepción de Fasciola hepatica y Enterobius vermicularis se puede concluir que el acto de purgar los lodos de la planta Chapultepec al drenaje de la ciudad sin un tratamiento de aquellos, expone a los habitantes de contraer estas parasitosis en casos de que se produjeran inundaciones puesto que las aguas residuales no se desalojarían y saldrían por las alcantarillas de las calles.

- Observando la gran cantidad de parásitos detectados en los lodos que se desechan al drenaje tal y como se examinaron, y viendo que el drenaje del D.F. recoge agua doméstica y pluvial con el mismo sistema y las lleva al mismo fin, se concluye que los lodos contribuyen en alto porcentaje a la contaminación ambiental, contaminando primeramente los cuerpos de agua donde se descargan que bien pueden ser ríos, lagos ó mares; y en segundo lugar el aire, por los gases que desprenden los lodos y que se perciben en su aspecto físico.

- Observando las elevadas cantidades de parásitos que corren diariamente por el drenaje del D.F., se concluye que los lodos de la planta Chapultepec al ser desechados pueden contaminar otras áreas del sistema de drenaje.

- Considerando las especies de vida libre detectadas en el lodo activado de la planta Chapultepec se concluye que el tratamiento secundario que realiza es adecuado para reducir la materia orgánica presente en las aguas residuales debido a las funciones que realizan estas especies (ver tabla 6.6).

- Se concluye que los lodos resultantes de los tratamientos de la planta Chapultepec, y probablemente el agua tratada resultante, sean un riesgo para la salud del ser humano como de los animales puesto que en el lodo secundario se encontraron parásitos que es posible que también se encuentren en el agua resultante; por lo que es necesario realizar el estudio de las aguas tratadas.

- El lodo proveniente de la planta Chapultepec contribuye a la contaminación del drenaje de manera alarmante, y al transportarse por todo el sistema de desagüe alcanzan otras regiones como las del estado de Hidalgo, en donde se utiliza el agua residual para el riego de cultivos agrícolas; así observamos que los habitantes que consumen sus cultivos corren el riesgo de contraer enfermedades, así como los que trabajan las tierras.

- Es de hacer notar que no obstante la procedencia de las aguas y lodos en la planta Chapultepec, que es de zonas socioeconómicas más o menos desarrolladas se encontrara gran cantidad de formas de parásitos, ¿ qué se esperaría ver si se analizaran aguas residuales y lodos que se juntan para su tratamiento procedentes de zonas de la ciudad donde se practica el fecalismo al aire libre por no contar con sistema adecuado para manejar las heces humanas y de animales ?.

- Es de suma importancia tomar en cuenta el señalar aquí, que se encontraron huevos larvados de Ascaris lumbricoides, inclusive hasta el momento de la eclosión de la larva, lo que indica que a pesar del tratamiento a que fueron sometidas las larvas, los huevos de al menos este nemátodo no murieron y siguieron su evolución hacia la forma infectante para el hombre, por lo que el riego con estas aguas a productos agrícolas ó a áreas verdes no quita el peligro de que el hombre se pueda infectar por la ingestión de las verduras regadas con estas aguas.

## RECOMENDACIONES.

- Es indispensable y urgente la incorporación del tratamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales que incluya una técnica de desinfección y eliminación de parásitos.
- Es necesaria la construcción de un sistema de drenaje en el cual solo se recojan aguas de tipo doméstico y se desalojen después de su tratamiento para que no contribuyan a la contaminación de cuerpos de aguas, y que no se mezcle con las aguas pluviales que podrían tener diferente tratamiento a las domésticas y aprovecharlas para un uso posterior.
- Las coladeras del sistema de drenaje de la ciudad deben estar lo menos expuestas a la gente y en ningún momento estar destapadas para evitar el riesgo de contraer parasitosis.
- Prohibir a la gente colocar establecimientos de comida cercanos a las alcantarillas.
- Divulgar a la gente por diversos medios de comunicación, la información necesaria para evitar que se tenga contacto con las aguas residuales, y en caso de inundaciones evitar su contacto en lo mínimo posible.
- Es necesario estudiar los sobrenadantes de cada tratamiento de la planta chapultepec y sobre todo el efluente de la planta de tratamiento con el fin de ver el grado de contaminación biológica.
- Para ver la relación existente entre factores climatológicos, y la frecuencia y cantidad de parásitos, es necesario estudiar lo anterior durante todo el año puesto que se necesitan observar las variaciones climatológicas en todas las estaciones del año.
- Es recomendable estudiar la viabilidad de todos los parásitos que se encuentran en los lodos de la planta Chapultepec, ya que, la presencia de

parásitos viables aumentan los riesgos de contraer enfermedades que si estuvieran no viables.

- Sería conveniente investigar metodologías que pudieran eliminar los parásitos presentes en los lodos, como por ejemplo, hacer tratamientos con cambios de osmolaridad del medio en que se encuentren aquellos; elevación de la temperatura; adición de desinfectantes como el  $I_2$  y el hipoclorito de sodio, a altas cocentraciones; desecación de los lodos con calor para disminuir su humedad. Esto traería las ventajas de disminuir las posibilidades de los parásitos de permanecer viables en los lodos, de reducir la cantidad de parásitos que como consecuencia aumentaría la seguridad de la gente a la exposición de los lodos y con esto reducir la cantidad de personas parasitadas y los costos de los hospitales para atender a estos pacientes. También reduciría la cantidad de animales parasitados y se permitiría la utilización de las aguas tratadas para mayores aplicaciones sin la preocupación de transportar parásitos.

Sin embargo, un tratamiento adicional tendría desventajas, pricipalmente la inversión costosa en material y equipo necesario para su realización.

## DEFINICIONES DE TERMINOS TECNICOS MAS EMPLEADOS.

Aguas Residuales: Conjunto de residuos que se encuentran circulando por el drenaje de las ciudades, que se generan por la mezcla de las descargas domiciliarias, industriales, de establecimientos comerciales ó de servicios de salud. Se les conoce también como "aguas negras".

Efluente: Son las aguas residuales que han recibido un tratamiento especial.

Eutroficación: Proceso biológico mediante el cual organismos fotosintetizantes producen materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos como  $CO_2$ , fosfatos y nitratos. Un ejemplo clásico de organismos eutroficadores son las algas.

Flóculo: Partículas microscópicas que se forman como resultado de la agregación de microorganismos y materia inerte, orgánica e inorgánica, que se encuentran suspendidos en los lodos.

Influyente: Se les conoce con este nombre a las aguas residuales que entran a un tratamiento especial. En algunos textos lo indican como corriente de entrada de aguas residuales.

Lodo: Residuos sólidos que se producen en los tratamientos de aguas residuales. Presenta diferentes características dependiendo del tratamiento que se realice.

Lodo Activado: Es el lodo que se encuentra formado por una población mixta de microorganismos dispuestos en forma de flóculos suspendidos y que se encargan de remover la materia orgánica presente en las aguas residuales. En la planta Capultepec, es el lodo secundario.

Quiste: Forma de resistencia de los protozoos.

Tanque Imhoff: Dispositivo que se encarga de facilitar la sedimentación de los lodos y su separación de los efluentes al desecharlos por su parte inferior (ver fig. 5.3).

Trofozoito: Forma móvil de los protozoos.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Barnés, Roberto D.  
"Zoología de los invertebrados".  
2ª Edición.  
México D.F. 1969.  
Editorial Interamericana S.A.
- 2) Britton, G.; Damron, B.L.; Edds, G.T.; Davidson, J.M.  
"Sludge-Health risks of land application".  
1ª. Edición.  
U.S.A. 1980  
Editorial Ann Arbor Science.
- 3) Cronquist, Arthur.  
"Introducción a la botánica".  
2ª Edición  
México D.F. 1982.  
Editorial Continental.
- 4) Christie, Jesse R.  
"Nemátodos de los vegetales su ecología y control".  
1ª Edición, 3ª Reimpresión.  
México D.F. 1982.  
Editorial Limusa.
- 5) Dowdeswell, W.H.  
"Ecología Animal".  
1ª Edición.  
Madrid, España 1966.  
Editorial Alhambra S.A.
- 6) Dunn, Angus M.  
"Helmintología veterinaria".  
2ª Edición.  
México D.F. 1983.  
Editorial El Manual Moderno.

- 7) Feachen, R.G.; Garelik, H; Bradley, D.J.; Duncan, M.D.  
"Sanitation and Disease. Health Aspects of Excreta and Wastewater Management"  
John & Sons  
New York 1983  
World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3
- 8) Fitzgerald, P.R.; Ashley, R.F.  
"Different Survival of Ascaris ova In Wastewater Sludge"  
J. Water Pool.  
Contr. Fed. 49: 1722-44 1977
- 9) Fox, J.C.; Fitzgerald, P.R.  
"Parasitic Organisms Present In Sewage Systems of a Large Sewage District"  
J. Parasitology  
62 (Suppl.): 28, 1976
- 10) Galván, G.M.  
"Remoción de Parásitos Intestinales del Agua Residual por Infiltración en el Suelo"  
México, Oaxaca 1990  
Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M.
- 11) García de Miranda E.  
"Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana".  
4ª Edición  
México, D.F., 1979  
Zaida Falcón de G.
- 12) Gómez, N.J.; González, C.  
"Evaluación de las Parasitosis Intestinales por los Métodos de Ritchie y de Ferreira"  
México, D.F., Agosto 1962  
No. 898 Tomo XLII Revista Mexicana de Medicina

- 13) Gordon, M.F.; Charles, G.J.; Okun, D.A.  
"Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales"  
Vol. II  
1ª Edición  
4ª Reimpresión  
México, D.F., 1981  
Editorial Limusa
- 14) Guerrero, V.G.; Moreno, F.A.; Garduño, V.H.  
"El Sistema Hidráulico del Distrito Federal un Servicio Público en Transición"  
1ª Edición  
México, D.F., 1982  
Secretaría de Obras y Servicios D.G.C.O.H.
- 15) Hutyra-Marek-Manninger-Moisy  
"Patología y Terapéuticas Especiales de los Animales Domésticos"  
Tomo II  
3ª Edición  
México, D.F., 1973  
Editorial Labor, S.A.
- 16) Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI).  
Calzada, José F.  
"Digestión Anaerobia en América Latina Aspectos Generales"  
Conferencias sobre tratamiento Anaerobio de aguas residuales en América Latina  
México, D.F., 8, 9 nov. de 1990  
Cd. Universitaria
- 17) IRCWD NEWS. Who International Reference Centre for Eastes Disposal  
No. 23  
"Health Aspects of Nightsoil and Sludge Use in Agriculture and Aquaculture"  
December 1985

- 18) Kayei, N.; Chi-Yi, Y.; Chung-Chang  
"Use of Ascaris Ova As An Indicator for Monitoring Nightsoil"  
World Health Organization Eastern Pacific Regional Centre for the  
Promotion of Environmental Planning and Applied Studies. 1986. kuala L.
- 19) Moeller, Ch. G.; Soler, A.F., et. al.  
Proyecto de Tratabilidad Biológica Anaerobia de los Lodos en el D.F.  
U.N.A.M. F.I.-D.G.A.P.A.-IMTA Méx. 1990.
- 20) Needman, J.G.; Needman, P.R.  
"Guía para el Estudio de los Seres Vivos de las Aguas Dulces"  
1a. Edición. México D.F., 1978. Editorial Reverté, S.A.
- 21) Salazar, S.P.M.; De Haro, A., I.  
"Manual de Técnicas para el Diagnóstico Morfológico de las Parasitosis"  
1ª Edición, 2ª Reimpresión 1989. México D.F.  
Editorial Francisco Mendez Cervantes
- 22) Secretaría General de Desarrollo Social  
"Atlas de la Ciudad de México"  
1ª Edición  
Departamento del Distrito Federal  
Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano 1987
- 23) Sleigh, M.A.  
"Biología de los Protozoos"  
1ª Edición  
Madrid, España 1979  
Ediciones H. Blume
- 24) Soulsby, E.J.L.  
"Parasitología y Enfermedades Parasitarias en los Animales Domésticos"  
7ª Edición  
Editorial Interamericana  
México, D.F., 1988

- 25) Suzuki, N.N.  
 "Colour Atlas of Human Helminth Eggs"  
 1st. Edition  
 Tokyo, Japan 1981  
 Kikura Shobo
- 26) Tay, J.; De Haro, I; Quintero, M.E.; Ibarra-C.J.; Wastabino-R.G.; y Alonso-G.T.:  
 "Estudio sobre mosca doméstica como posible transmisor de -  
 agentes infecciosos y parasitarios en la ciudad de México"  
 Rev. Fac.Medicina. U.N.A.M. 32;1 (Enero-Feb.):5-8; 1989.
- 27) Tay, J.; Lara, A.; Velasco, C.O.; Gutierrez, Q.M.  
 "Parasitología Médica"  
 4ª Edición  
 México D.F., 1990  
 Francisco Cervantes Editor
- 28) Tay, J.; Gutierrez, Q.M.; Lara, A.R.; Martuscelli, Q.A.; --  
 Velasco, C.O.  
 "Las Parasitosis en México"  
 Rev. Fac. Medicina (6), 6-19, 1978
- 29) Tay, J.; Salazar, S.P.M.; De Haro. I.  
 "Frecuencia de las Helminthiasis en México"  
 Rev. Inv. Salud Pública (mex); 1975
- 30) Tay, J.; Salazar, S.P.M.; De Haro, I. y Ruiz, A.L.  
 "Frecuencia de las Protozoosis en México"  
 Sal. Púb. Mex. 20: 297-337, 1978
- 31) Ulloa, M.; Hanlin, R.  
 "Atlas de Micología Básica"  
 1ª Edición  
 México 1978  
 Editorial Concepto S.A.

- 32) Vieira, M.M.S.  
"Anaerobic Treatment of Domestic Sewage in Brazil-Research  
Results and Full-Scale Experience"  
Research Directorate, Saneamento Ambiental.  
Brasil 1990  
CETES B-Companhia de tecnologia de Saneamento Ambiental.  
Av. Prof. Federico Hermann Jr.  
345,05459 Sao Paulo Brasil
- 33) Wallis, P.M.; Lehman, D.L.  
"Biological Health Risks of Sludge Disposal to Land in Cold  
Climates"  
Published By The University of Calgary Press.  
U.S.A. 1981
- 34) Winkler, M.  
"Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho"  
1ª Edición  
México D.F., 1986  
Editorial Limusa