



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA**

**DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE HUEVO DE HELMINTO EN EL LAGO DEL  
BOSQUE DE SAN JUAN DE ARAGÓN**

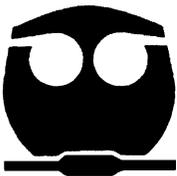
**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO**

**PRESENTA**

**LUIS OSIRIS GONZALEZ GALLEGOS**



**MÉXICO, DF.,**

**2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **JURADO ASIGNADO**

PRESIDENTE: ABEL GUTIERREZ RAMOS

VOCAL: NORMA ANGÉLICA CASTELLANOS CHAVEZ

SECRETARIO: GEORGINA FERNANDEZ VILLAGÓMEZ

1er SUPLENTE: ATZIRI CORONA ROMERO

2do SUPLENTE: JOSE CORDERO HERNANDEZ

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Facultad de Ingeniería UNAM

### **Asesor del tema:**

Dra. Georgina Fernández Villagómez

### **Sustentante:**

Luis Osiris González Gallegos

“el fragmento de línea más corto que une dos puntos es la línea recta”

¡Qué aburrido ¡

## DEDICATORIAS

A mis padres:

Sea éste un pequeño homenaje

por los días y noches de amor que han brindado a éste pequeño ser...

A mi hija:

Gracias, gracias.

Si tú no estuvieras aquí, yo tampoco estuviera aquí.

A Diego:

Mi hermano, mi mejor amigo, el mejor entre los mejores.

Ahora ya tienes la mayor regalo que te puede dar la vida, tu familia.

A mis otros papás:

Doña Licha y don Juan,

que nunca han dejado de apoyarme.

A mis hermanos Juan, Carlos, Adriana y Sandra,

los quiero mucho

De manera muy simbólica y especial a los pequeños; Mamá Pime, Daniela, Karla, Berenice, Camila, Fernanda, Rodrigo, Natalia y Miztli, es por ellos el esfuerzo de todos nosotros, los más viejos. Y para los otros pequeños, mis amigos, que no sé de dónde sacan fuerzas para tenerme entre sus amistades.

A mi familia, la mejor familia que puede uno tener, aunque casi no los vea.

Y en especial para todo@s aquell@s que no creyeron en mí, que me pusieron el pie, que no quieren que me levante, ¡SOMOS MUCHOS Y ESTAMOS EN TODOS LADOS!

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco de manera muy especial a la M en I Margarita Gárfias Vázquez, quien ha confiado en mí, no te voy a defraudar Jefa.

A la Dra Georgina Fernández Villagomez, mi asesora, una gran persona con un sentido humano ante todo, gracias.

A la Secretaría de Extensión Académica de la Facultad de Química de la Facultad de Química UNAM, en donde me han abierto las puertas, en especial a la IQ Alejandra Soriano Arroyo, me doy cuenta que todos los días son buenos días para sonreír y aprender.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO: ¡¡¡Cómo no te voy a querer!!!



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



INDICE	i
Lista de figuras	ii
Lista de tablas	iii
CAPITULO 1, INTRODUCCION	1
1.1 Introducción	2
1.2 Objetivos	5
1.3 Limitantes	5
CAPITULO 2, JUSTIFICACION	6
2.1 Justificación	7
CAPITULO 3, ANTECEDENTES	12
3.1 Área de estudio	13
3.2 Nematodos	14
3.2.1 <i>Ascaris lumbricoides</i>	14
3.3 Cestodos	17
3.3.1 <i>Taenia</i> sp	17
3.3.2 <i>Hymenolepis</i> sp	19
3.3.3 <i>Diphyllobothrium</i> sp	21
CAPITULO 4, METODOLOGÍA	24
4.1 Trabajo de campo	25
4.1.1 Identificación de los puntos de muestreo	25
4.1.2 Muestreo	25
4.2 Trabajo de Laboratorio	26
4.2.1 Preparación de la muestra	27
4.2.2 Concentrado y centrifugado de la muestra	27
CAPITULO 5, RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN	36
5.1 <i>Ascaris lumbricoides</i>	36
5.2 <i>Taenia</i> sp	38
5.3 <i>Hymenolepis</i> sp	40
5.4 <i>Diphyllobothrium</i> sp	41
CAPITULO 6, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
6.1 Conclusiones	45
6.2 Recomendaciones	46
REFERENCIAS	47



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1, Regiones hidrológico-administrativas	9
Figura 3.1 Ciclo de vida de <i>Ascaris lumbricoides</i>	15
Figura 3.2 Ciclo de vida de <i>Taenia sp</i>	18
Figura 3.3 Ciclo de vida de <i>Hymenolepis sp</i>	20
Figura 3.4 Ciclo de vida de <i>Diphyllobothrium sp</i>	22
Figura 4.1 Puntos de muestreo	25
Figura 4.2 Muestreo superficial	26
Figura 4.3 Extracción por vacío	27
Figura 4.4 Tamiz de 20 $\mu\text{m}$	28
Figura 4.5 Centrifuga clínica	29
Figura 4.6 $\text{ZnSO}_4$ densidad 1.3	29
Figura 4.7 Centrifuga a 400 g	30
Figura 4.8 Sedimentación	31
Figura 4.9 Re suspensión del sobrenadante	31
Figura 4.10 Separación de fases	32
Figura 4.11 Barrido al microscopio	33
Figura 5.1 <i>Ascaris lumbricoides</i>	36
Figura 5.2 <i>Ascaris lumbricoides</i>	37
Figura 5.3 <i>Taenia sp.</i>	38
Figura 5.4 <i>Taenia sp.</i>	39



**Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón**



Figura 5.5 Hymenolepis sp	40
Figura 5.6 Diphyllobotrium sp	41
Figura 5.7 Número de huevos de Helminto por zona	43

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 5.1 Número de huevos encontrados por muestra	42
--	----

**ANEXOS**

Anexo 1 Árbol Filogenético	50
----------------------------	----



**Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón**



# **CAPITULO 1, INTRODUCCIÓN**



## 1.1 Introducción:

El término Helminto, originalmente definido como un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y de vida libre, con formas y tamaños variados (NOM-001-SEMARNAT-1997) deriva del griego *hēlmis*, que significa gusano; se usa para denominar a los gusanos intestinales, aunque puede ser útil para clasificar a especies parasitarias y de vida libre de algunos gusanos redondos (phylum *Nematoda*, “*las serpientes cabello*”), *trematodos*, *cestodos* (phylum *Platyhelminthes*) y acantocéfalos (phylum *Acanthocephala*). Todas estas pertenecientes al sub-reino *Metazoa* (anexo 1). En general, están provistas de órganos y tejidos derivados de tres hojas embrionarias: ectodermo, mesodermo y endodermo (Craig y Faust, 1977).

Para todo helminto parásito, el tegumento o cutícula puede ser duro, resistente o elástico, pero la mayoría de los casos soporta la digestión mientras el parásito esté vivo. Frecuentemente están provistos de espinas o ganchos que sirven para fijarse o penetrar al hospedero. Comúnmente poseen acetábulos musculares mediante los cuales mantienen su posición en sitios particulares y posiciones determinadas de los tejidos del hospedero. Muchos poseen glándulas secretoras que usualmente se abren cerca de la boca, segregando un producto lítico que sirve para digerir los tejidos del hospedero, gracias a lo cual puede penetrar el tejido y migrar a través de éstos al lugar en donde se establecerá (Craig y Faust, 1977).

La mayor parte del ciclo transcurre en condiciones anaerobias o de microaerofilia, el almacenamiento de lípidos y glucógeno es común. Los huevos contienen concentraciones elevadas de nutrientes que utilizan durante el desarrollo del organismo hasta que puede obtener su propio alimento. En general la mayoría de sus sistemas son rudimentarios, a excepción de los órganos sexuales que se encuentran muy desarrollados. En casi todos los nematodos los sexos están separados, en el resto de los trematodos se observa como regla el hermafroditismo. Los cestodos más evolucionados tienen estróbilo o cadenas de uno o muchos proglótidos, cada uno de los cuáles, en estado de maduración, tiene aparatos completos masculino y femenino (Craig y Faust, 1977).

En los trematodos y en los cestodos hay un ootipo, en donde se reúnen las partes componentes del huevo y existen órganos separados para la producción del vitelio, anexo embrionario que produce y transporta nutrientes y oxígeno hacia el embrión y desaloja productos metabólicos de éste y de la cubierta. El huevo que se produce lo hace en grandes cantidades, la necesidad de ello se debe a la gran cantidad de ambientes a los que se enfrentará al salir del útero. Los huevos o larvas saldrán del hospedero y llegará a un ambiente en el que dejarán de ser viables e infectivos. Agregado a ello, se debe tener en cuenta que muchos de



éstos necesitan a uno o más intermediarios antes de encontrar a su hospedero definitivo. En cambio, en condiciones favorables quizá no tropiece con alguna de éstos advenimientos y se desarrolle en proporciones epidémicas siendo causa de problema de salud pública (Craig y Faust, 1977)

Los parásitos intestinales son los agentes infecciosos más comunes en los humanos. Éstos se encuentran ampliamente diseminados alrededor del mundo, sin embargo, los países tropicales y subtropicales reúnen las características geográficas y climatológicas que favorecen la prevalencia de la mayoría de estos organismos (Ximénez, 2002)

Se calcula que aproximadamente 450 millones de personas padecen de alguna enfermedad parasitaria, de ellos, la proporción mayor corresponde a la población infantil. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) 65,000 muertes anuales pueden ser atribuidas a infecciones causadas por *Ancylostoma duodenale*, *Necator americanus*, *Trichiuris trichiura*, y 60,000 muertes a infección por *Ascaris lumbricoides*. Cerca de 44 millones de mujeres embarazadas infectadas por *A. duodenale*, *Enterobius vermicularis* y *T. trichiuria* tienen sangrado crónico intestinal el cual favorece el desarrollo de anemia (Ximénez, 2002)

La intensidad de la infección, por ejemplo de *A. Lumbricoides* y *T. trichiura*, llega a los niveles más altos en el grupo de niños en edad escolar; sin embargo, es frecuente que la intensidad de la infección se mantenga hasta la edad adulta. Las consecuencias asociadas con cargas parasitarias altas de *T. trichiura* son el síndrome disentérico, disentería crónica, prolapso rectal y anemia por deficiencia de hierro y tasas de crecimiento muy reducidas. La pérdida crónica de sangre a través del intestino es común, sin embargo, es menos severa que en el caso de la anquilostomiosis y nacatoriosis. Sólo durante los periodos disentéricos y durante el prolapso rectal se presentan hemorragias considerables que pueden causar anemia la cual puede llegar a causar la muerte de los infantes (Ximénez, 2002).

Los niños parasitados por *A. lumbricoides* con cargas parasitarias altas tienen riesgo de presentar obstrucción intestinal, mientras que los adultos pueden tener diferentes complicaciones agudas cuando el gusano adulto migra de la luz del intestino delgado a otros sitios como las vías biliares. La distribución de la ascariosis por grupos de edad se concentra en los grupos de individuos menores de 15 años con un pico mayor en la población de 1 a 4 años. En este grupo ha habido una disminución de las tasas de morbilidad de 1995 al año 2000. Después de los 15 años, la infección disminuye a tasa menores a 500 casos por cada 100,000 habitantes; por otro lado, no existen diferencias significativas en las tasas de morbilidad en el resto de los grupos de edad durante los años analizados (Ximénez, 2002).



Dentro del grupo de enfermedades clasificadas como otras helmintosis, de acuerdo con el Código Internacional de Enfermedades quedarían la estrombiloidosis, nacatoriosis, anquilostomosis, tricuriasis, uncinariosis e himenolepiosis. En este caso las tasas de morbilidad en México son aún más altas que las observadas en ascariosis pero menores que las correspondientes a la amibiosis (Ximénez, 2002).

Así también, los parásitos de peces tienen una gran importancia económica, médica y biológica; se tienen importantes pérdidas económicas causadas por parásitos relacionados a la morbilidad, el crecimiento y la capacidad reproductiva en peces hospederos, que se reflejan en pérdida de peso, reducción en la fecundidad y al final mortalidad en las crías. Con respecto a la comercialización ésta se ve menguada cuando se observan parásitos alojados en la superficie del cuerpo, cavidades corporales y musculatura, lo cual produce un aspecto desagradable. En cuanto al impacto a la salud se tienen las especies *Diphyllbothrium pacificum* y *Clhonorchis sp.* que cruzan su ciclo vital con el de los peces y de los humanos (Rhode, 2005)

Aunque se conocen muchos parásitos de mamíferos marinos, aquellos que son peligrosos para el ser humano están restringidos a dos familias, la familia Anisakidae (Nemátodo) y la familia Diphyllbothriidae (Cestodo). No se conocen ectoparásitos o protozoarios de mamíferos marinos que infecten a los seres humanos (Rhode, 2005)

Las enfermedades parasitarias intestinales no sólo son un problema de salud, existen factores importantes que influyen en su incidencia, un ejemplo son la esquistosomosis y las helmintosis transmitidas por el suelo en donde los proyectos de riego y construcción de presas y embalses, la falta de sistemas de saneamiento y de higiene, la inexistencia de servicios de salud, la falta de coordinación multisectorial, la falta de estrategias de prevención y control y la falta de desarrollo de estrategias de inmunoprofilaxis son factores muy importantes que mantienen la incidencia de estas enfermedades (Ximénez, 2002).

La helmintosis, enfermedad más común en la humanidad, ataca a por lo menos 1000 millones de individuos en todo el mundo, incluyendo a aquellos países considerados como el primer mundo. En Estados Unidos son la primera causa de morbilidad. En México, la distribución de la ascariasis por grupos de edad se concentra en los grupos de individuos menores de 15 años con un pico mayor en la población de 1 a 4 años. Después de los 15 años, la infección disminuye a tasa menores a 500 casos/100,000 habitantes (Ximénez, 2002).



Para cualquier población es necesario no solo conocer los ciclos de vida de éstos parásitos, sino además, poseer las medidas sanitarias para limitar su accionar. Un método común son las plantas de tratamiento de agua residual, cuya descarga debe asegurar que cumpla con las características de calidad con respecto a sus diferentes parámetros, incluyendo la cantidad de huevos de helminto. Estos, son los organismos más difíciles de eliminar, siendo el único medio realmente eficaz la estabilización alcalina, debido a sus complejos ciclos de vida, siendo una estructura de resistencia y a la vez modos de infección.

## 1.2 Objetivos

### General

Monitorear y caracterizar los huevos de Helminto en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón, realizando una identificación microscópica y la aplicación de la normatividad en la materia.

### Específicos

Identificar los factores ambientales en el lago, ubicando los puntos de muestreo.

Realizar la toma de muestras puntuales conforme a la norma NMX-AA-003-1980.

Determinar los huevos de helminto, aplicando las normas NOM-003-SEMARNAT-1997 y NMX-AA-113-SCFI-1999.

Generar las recomendaciones necesarias para el manejo integral del Lago del Bosque de San Juan de Aragón, con base a la caracterización parasitológica.

## 1.3 Limitantes

- 1.- Se realizó un solo muestreo en época de sequía.
- 2.- Las muestras tomadas son de forma simple.
- 3.- Se consideraron los puntos muestreados para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.



**Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón**



# **CAPITULO 2, JUSTIFICACIÓN**



## 2.1 Justificación

La importancia del agua estriba en que forma parte de la vida y en consecuencia del desarrollo. Es por ello que se encuentra una relación muy estrecha entre las actividades humanas y el recurso. La relación del derecho civil con el agua ha dado lugar a su clasificación en tres órdenes condicionados por la situación geográfica: el dominial, que considera a toda el agua como propiedad del Estado, observado esto en países de zonas áridas; el ribereño, que atribuye las aguas a los particulares, observado esto en países en los que el recurso es abundante; y mixto, que se da en regiones semiáridas como lo es el caso de México (Denton, 2006)

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, es decir, que todos los mexicanos tengan una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras. En este contexto, el adecuado manejo y preservación del agua cobra un papel fundamental, dada su importancia en el bienestar social, el desarrollo económico y la preservación de la riqueza ecológica de México. Dicho concepto incluye la titularidad, la distribución, el aprovechamiento, el desarrollo, la preservación de la cantidad y la calidad del agua, así como su uso y saneamiento (Plan Nacional de Desarrollo, 2006)

En la Ley de Aguas Nacionales no existe el concepto de agua, sino que es entendido como un recurso ya existente en la naturaleza. Con ese supuesto, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, (máximo órgano regulatorio en la pirámide jerárquica normativa), así como las leyes reglamentarias, se habla de aguas nacionales, sean superficiales o subterráneas, conforme se menciona en el artículo 27 constitucional. De ello se desprende el concepto del derecho del agua como un conjunto de normas que regulan su uso, explotación, aprovechamiento, tratamiento, reuso y distribución; independientemente del origen geológico o su destino (De la Peña, 2008)

Es de rescatar que el Estado dentro de su carácter regulatorio está facultado para llevar a cabo actos limitativos y prohibitivos con la finalidad de satisfacer el interés público. La intensión es el aprovechamiento sustentable del agua para el desarrollo del país, observándose un claro carácter colectivista superpuesto a los intereses comunes (Denton, 2006)

La Ley de Aguas Nacionales, apéndice regulatorio de los párrafos quinto y sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se publica en el Diario Oficial de la Federación el 1° de diciembre de 1992, el reglamento apareció el 12 de enero de 1994. Tiene por objeto regular la explotación, el uso y el aprovechamiento de las aguas propiedad de la Nación, que incluyen a aquellas del subsuelo, reglamentando su extracción, utilización y veda



conforme al interés público. Designa a aquellas entidades locales encargadas de dicha vigilancia y la forma en que actuarán (Denton, 2006)

Así también, aparece de manera complementaria la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente que en cuanto a su naturaleza jurídica es un ordenamiento marco, que coexiste y se complementa con otras leyes que regulan o se relacionan con el equilibrio ecológico y el ambiente, entendiéndose éste como el conjunto de factores físicos, químicos, biológicos, sociales y culturales. Enumerando, se interrelacionan la Ley General de Salud, la Ley General de Asentamientos Urbanos, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, entre otras (Denton, 2006)

En el título tercero de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente promulgado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, se integran tres capítulos relativos al aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos, del suelo y sus recursos. En el primero se señalan los criterios ecológicos generales que deben observarse para el aprovechamiento racional del agua, así como las actividades en las que se enmarquen dichos criterios, se mencionan la normatividad relacionadas con el establecimiento y manejo de zonas de protección de fuentes de abastecimiento de agua para poblaciones humanas, el otorgamiento de concesiones, permisos y autorizaciones, en comunidad con los sectores productivo y comunitario (Denton, 2006)

Dentro de esta Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el reglamento señala que para el estudio, planeación y administración de los asuntos en materia, dicha Secretaría contará con un órgano desconcentrado, la Comisión Nacional del Agua. En su carácter de desconcentrado, dicho órgano contará con recursos propios y carácter jurídico, se regulará conforme a las disposiciones de la Ley y su Reglamento, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y el Reglamento interno de la SEMARNAT, contará además con un consejo técnico y las unidades administrativas respectivas (Denton, 2006)

En virtud de optimizar el aprovechamiento y preservación del recurso, la Comisión Nacional del Agua plantea la administración del agua en México en trece regiones hidrológico-administrativas. El Distrito Federal se encuentra circunscrito dentro de la XIII Región Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (Plan Nacional Hídrico, 2007) (Figura 2.1)



- I. Península de Baja California
- II. Noroeste
- III. Pacífico Norte
- IV. Balsas
- V. Pacífico Sur VI. Río Bravo
- VII. Cuencas Centrales del Norte
- VIII. , Lerma-Santiago-Pacífico
- IX. Golfo Norte
- X. Golfo Centro
- XI. Frontera Sur
- XII. Península de Yucatán
- XIII. Aguas del Valle de México

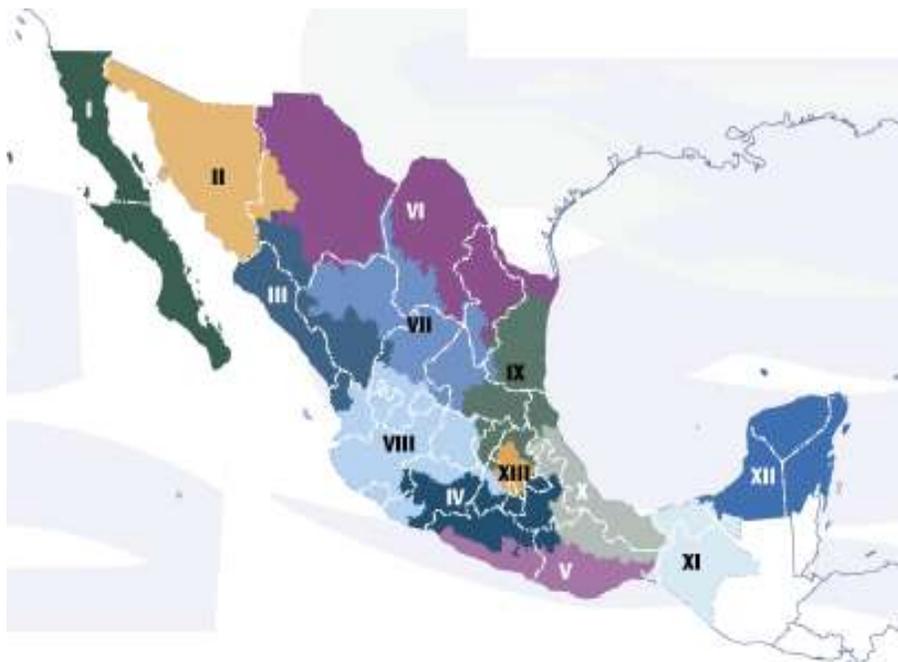


Figura 2.1 Regiones hidrológico-administrativas Fuente Plan Nacional Hídrico 2007-2012 (2008).

Las regiones hidrológico-administrativas son representadas por la autoridad en Organismos de Cuenca, delegados en funciones administrativas, de gestión y de gobierno. Para la ciudad, el Sistemas de Aguas de la Ciudad de México, SACM, es el encargado por parte de la autoridad de velar por la administración de la calidad del agua dentro de su demarcación, incluyendo también lo inherente al Lago del Bosque de San Juan de Aragón (Ley de Aguas del Distrito Federal, 2003)

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de descargas empezaron a implementarse en México desde 1973. Antes de ello, la legislación sólo mencionaba ciertas restricciones de descarga a cuerpos de agua. La Ley Federal del Agua fue publicada en 1972, la primera norma apareció en 1973 junto con la Regulación para la Prevención y el Control de la Contaminación del Agua, que formaba parte de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental, que es promulgada en 1971. Se proponía una clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo a la asimilación, capacidad de dilución y uso; municipal, industrial, agricultura, recreación y conservación. De esta manera se inició un programa para establecer lineamientos particulares para cada tipo de descarga (Gutiérrez, 2008)

Esta política de control fue usada hasta la década de los 90's, cuando nuevos lineamientos para el control de descargas fueron implementados en función de los



tipos más predominantes de industrias existentes en esos momentos. Para 1993 treinta y tres nuevas Normas Oficiales fueron aplicadas. Para cada industria existía un máximo permisible en el agua residual (Gutiérrez, 2008)

La NOM-001-ECOL-1996 aparece el 7 de enero de 1997 en el Diario Oficial de la Federación, ésta determina el límite máximo permisible de agentes contaminantes en descargas a cuerpos de agua federales por parte de industria y municipios. Se establecen dos parámetros de contaminantes: contaminantes básicos y metales pesados y cianuros. Dentro de los primeros se puede encontrar el límite de huevos de helminto, indicadores de parásitos. El límite máximo permisible para descargas a suelo (usado en la agricultura como irrigación) es de un huevo por litro en plantaciones que no tengan restricciones (granos, frutas y vegetales) y de cinco huevos por litro para aquellos que tengan restricciones (verduras que se coman crudas) (Gutiérrez, 2008)

En diciembre del mismo año fue promulgada la NOM-002-ECOL-1996 orientada a controlar las descargas de agua a drenaje municipal. El 14 de agosto de 1998 es promulgada la norma oficial Mexicana que establece las bases para el control de agua tratada para el reuso. Se debe asegurar que éstas no contengan material flotante y no se deben rebasar los límites máximos permitidos en la NOM-001-ECOL-1996. Los organismos encargados del tratamiento de agua residual tienen la obligación de muestrear y analizar las descargas en los términos que señala la Norma, conservando por al menos tres años los registros, resultado de sus evaluaciones en el muestreo y análisis (Gutiérrez, 2008)

La calidad del agua se mejora con la aplicación de normas de calidad para los cuerpos receptores. La reglamentación vigente fija el procedimiento para establecer las características de las descargas de aguas residuales y con base en la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo receptor, se le puede dar el uso previsto sin detrimento de la salud o del equilibrio ecológico (Denton, 2006)

La responsabilidad de los usuarios del agua es cumplir con la normatividad existente, y en su caso, con las demás condicionantes particulares para las descargas, para la prevención y control de la contaminación resultante del manejo del agua, así como de sus cuerpos receptores.

La calidad del agua subterránea se está convirtiendo en una limitante a la disponibilidad. Ante este escenario se debe impulsar la exploración geohidrológica en busca de nuevas fuentes; la observación del comportamiento de los niveles de agua de los acuíferos, como parte del monitoreo integral del ciclo hidrológico; la medición de las extracciones y sus descargas naturales; el monitoreo de su calidad natural y de su deterioro causado por las actividades antropogénicas; así como la evaluación de las características, renovación y disponibilidad de agua de los acuíferos. Adicionalmente, para incrementar la disponibilidad de agua, se



requieren desarrollar proyectos sobre recarga artificial de acuíferos (Plan Nacional Hídrico, 2007)

La demanda creciente de abastecimiento de agua potable como resultado del crecimiento demográfico del Distrito Federal ha conducido a la sobreexplotación del acuífero del Valle de México, provocando graves hundimientos del terreno (hasta de 35 cm anuales en la zona oriente) y una alteración en la calidad del recurso (particularmente en el sureste de la Ciudad). Aunado a lo anterior, la expansión de la mancha urbana y la consecuente pérdida de suelo con cubierta vegetal ha reducido la recarga natural del acuífero, incrementado la vulnerabilidad de erosión hídrica de los suelos y saturando la red de drenaje, la cual debe desalojar grandes cantidades de agua en época de lluvias para prevenir inundaciones (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2008a)

A pesar de que el lago se localiza sobre el sitio donde hace siglos se encontraba el Lago de Texcoco, su abastecimiento depende de la planta de tratamiento “Tlacos” del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. No obstante que a la salida de la planta el agua presenta niveles aceptables de calidad, durante su trayecto y de manera particular *in situ*, un gran número de factores inciden negativamente en su calidad. (Memorias, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, 2006). Debido a ello, y al ser un vaso de recarga del acuífero debido a que se construyó sin recubrimiento (Martínez, 2008) tiene la imperante necesidad de ser monitoreado en cuanto a su calidad microbiológica, siendo objeto de estudio el caso particular el huevo de Helminto.

El monitoreo debe servir como parámetro que influya en la toma de decisiones en cuanto a las acciones a tomar referentes al rescate y conservación del Lago del Bosque de San Juan de Aragón, tal y como lo señala el Plan de Acción promovido por el Gobierno del Distrito Federal a Través de la Secretaría del Medio Ambiente capitalino (Memorias, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental, 2006).



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



# **CAPITULO 3, ANTECEDENTES**



### 3.1 Área de estudio

En el Distrito Federal, los habitantes del nororiente de la ciudad cuentan con uno de los más grandes Bosques Urbanos de la ciudad, espacio reservado para la recreación, la educación y el entretenimiento. El Bosque de San Juan de Aragón cuenta con una extensión territorial de 162.02 ha, a una altitud promedio de 2240 msnm, inmerso en el lecho lacustre del lago de Texcoco (Landa, 2006)

Cabe mencionar que el sistema de acuíferos de la Cuenca de México, desde el punto de vista geológico, está formado por tres de ellos: el superior, el medio y el profundo, desde el punto de vista geohidrológico, este sistema se divide en tres subsistemas: a) Ciudad de México, formado por materiales granulares de permeabilidad media y baja, cuya recarga proviene principalmente de la Sierra de las Cruces y los alrededores de Tlalpan; b) Valle de Xochimilco-Tláhuac-Chalco, que es recargado por infiltración de agua de lluvia en las estribaciones de las sierras de Santa Catarina y Chichinautzin, y c) Lago de Texcoco, constituido por materiales de baja permeabilidad y cuya recarga proviene de la sierra ubicada al oriente de Chicoloapan de Juárez (Soto *et al*, 2000)

Es precisamente en este bosque en donde se encuentra el Lago del Bosque de San Juan de Aragón, un lago artificial inaugurado el 20 de noviembre de 1964 con una superficie de 11 ha, que es alimentada por agua de lluvia pero principalmente por la Planta de Tratamiento de Agua Residual Tlacos y que sirve como vaso inyector de agua al subsuelo de los mantos acuíferos (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2003)

El lago se localiza dentro de una zona considerada por sus características geológicas de tipo lacustre. En la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se distinguen tres zonas geológicas: la lacustre, la de transición y la de lomas. La zona lacustre se caracteriza por espesores de más de 30 m de arcillas blandas de alta compresibilidad; está constituida por estratos arcillosos alternados con suelos de disecación; comprende también capas de ceniza y pómez. La zona de transición forma una franja que divide a los suelos lacustres de las partes bajas de las lomas; consiste de suelos y arenas aluviales con algunas capas de gravas fluviales en la desembocadura de las barrancas; el conjunto contiene intercalaciones de sedimentos de playas y turbas a orillas del lago. Finalmente, la zona de lomas está constituida por la Formación Tarango; consiste principalmente de tobas, depósitos fluviales y flujos piroclásticos. El terreno es de tipo salitroso, lo que permitía se formaran las terribles tolveneras que a mediados de los años treinta azotaban a la ciudad. Es por ello que el General Lázaro Cárdenas del Río, en el sexenio de 1934-1940 decide la reforestación del lugar (Soto *et al*, 2000)



Sin embargo, la presión demográfica obligó al gobierno de Miguel Alemán expropiar los terrenos y cederlos para la construcción de siete unidades habitacionales, así como áreas verdes que contaran con un lago artificial y un zoológico. Para el sexenio del Lic. Adolfo López Mateos quedó inaugurado el bosque, dentro de la delimitación territorial de la delegación Gustavo A. Madero. De esta manera, se convierte en el principal espacio recreativo y de esparcimiento para esa zona de la ciudad (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2003)

El lago, creado con fines meramente recreativos actualmente es refugio de aves, tanto residentes como migratorias, dado que cuenta con cuatro isletas que son el perfecto refugio de anidación. Se han encontrado diversas especies de reptiles y peces, en su mayoría de introducción. La profundidad media es de 0.8 m oscilando entre 0.5 y 1.5 m (Martínez, 2008)

Debido a la alta presión por parte de los visitantes, el lago ha perdido disponibilidad de espacio, pero principalmente calidad, es por ello que resulta imperioso el análisis meticuloso tanto del principal influente proveniente de la planta tratadora de agua residual como de aquellos influentes secundarios que pueden afectar la calidad del agua (Landa, 2006)

No obstante la sobreexplotación del acuífero del Valle de México y la pérdida de suelo con cubierta vegetal que reduce la recarga natural del acuífero, sigue siendo común el uso irracional del agua, teniendo un nivel de reuso de agua residual tratada muy bajo. Como estrategia, se plantea el incrementar la reutilización y el tratamiento del agua (Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2008b)

## 3.2 Nematodos

### 3.2.1 *Ascaris lumbricoides* (figura 3.1)

Es el nematodo intestinal más grande conocido, causante de la ascariosis. Se le ha identificado desde la antigüedad, así como se le reconoce su hábitat cosmopolita. Es el helminto intestinal que con mayor frecuencia infecta al humano. La ascariosis es endémica en regiones de clima cálido y húmedo así como en regiones templadas y húmedas en las que las condiciones del suelo favorecen el desarrollo de los huevos hasta su fase infectante. Se estima que *A. lumbricoides* afecta a 1,471 millones de habitantes en el mundo. Su prevalencia es mayor en gente desnutrida que reside en países en vías de desarrollo de África, Asia y América Latina en donde afecta un alto porcentaje de la población infantil. (Martínez-Barbosa *et al*, 1999)



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón

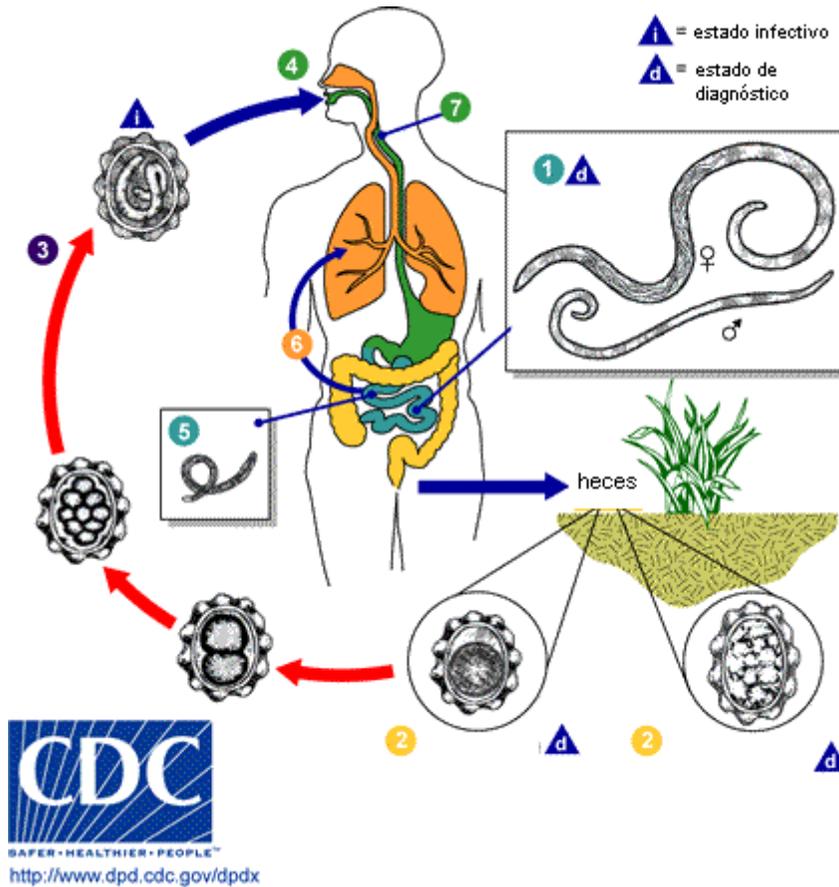


Figura 3.1 Ciclo de vida de *Ascaris lumbricoides*

Fuente Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern (2008)

Los gusanos (1 en figura 3.1) adultos viven en el lumen del intestino delgado. Son unos enormes gusanos alargados, cilíndricos y recorridos a través de todo lo largo de su cuerpo por un par de líneas laterales color carne. Los machos miden entre 15 y 30 cm de longitud con apenas 2 a 4 mm de diámetro, la hembra mide de 20 a 35 cm y de 3 a 6 mm de espesor. La vulva se localiza en la posición medio ventral en donde existe una vagina cónica que se bifurca en dos en un par de túbulos genitales que están completamente desarrollados; constan de útero, receptáculo seminal, oviducto y ovario. Estos están enrollados en los tercios medio y superior del nematodo, llegando a medir hasta dos o tres veces la longitud total del gusano. Pueden contener millones de huevecillos con una producción diaria de hasta 200,000 huevos, los cuales pasan a las heces. (2 en figura 3.1). Los huevos infértiles pueden ser ingeridos pero no son agentes infecciosos. Los huevos fértiles y embrionados se vuelven infectivos después de un par de semanas (3 en



figura 3.1) dependiendo de las condiciones ambientales, como humedad, temperatura, suelo, etc. (Burton *et al*, 2005)

Los huevos fértiles son anchos y ovoides, con una cápsula gruesa y transparente que está constituida por una membrana vitelina interna impermeable de naturaleza lipoidea inerte evitando que sustancias tóxicas del ambiente penetren hasta el embrión y puedan lesionarlo; una capa intermedia transparente y gruesa derivada de glicógeno; y una capa externa teñida de color café característico abundante en albúmina.

Su tamaño varía de entre 45 y 75  $\mu\text{m}$  de longitud por unos 35 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro; los huevos no fertilizados llegan a medir hasta 80 a 90  $\mu\text{m}$ , su estructura interna consiste en una masa de órganos desorganizados muy refractantes. Su cubierta externa rugosa adquiere una tonalidad de color pardo dorado característico debido al contacto de estos con la bilis al estar en contacto con las heces (Koneman *et al*, 1999)

Los huevos fertilizados requieren de un periodo de incubación antes de ser infectantes. Cabe mencionar que son muy resistentes a condiciones ambientales como son sequedad, bajas temperaturas, putrefacción así como a la adición de agentes químicos. La exposición al sol con humedad, con una temperatura superior al 70°C es letal para estas estructuras de resistencia. Pueden sobrevivir en estado de latencia durante varios meses y volverse viables en cuanto encuentren condiciones favorables. Para que el embrión se desarrolle en larva móvil de primer estadio se requiere de un hábitat húmedo y sombreado, con una temperatura que oscile entre 20 y 30° C durante un periodo aproximado de 9 a 13 días. Esta larva sufre una muda antes de la eclosión transformándose en larva de segundo estadio de tipo rabditoide antes de ser infectante (Burton *et al*, 2005)

Los huevos no eclosionan en el suelo, sino que al ser ingeridos (4 en figura 3.1) pasan al duodeno en donde las condiciones existentes ablandan la cápsula y se estimula la actividad de la larva que se encuentra encerrada, la cual emerge a través de la hendidura de la cápsula como una larva de 0.3 a 0.5 mm de largo y de 13 a 15  $\mu\text{m}$  de espesor. La larva penetra el intestino delgado (5 en figura 3.1) e invade la mucosa intestinal, alcanza los linfáticos mesentéricos y las venas mesentéricas del sistema porta, atraviesa el sistema y migra a través del aparato circulatorio a los pulmones (6 en figura 3.1). La larva madura después de 10 a 14 días, penetra las paredes alveolares, asciende por el árbol bronquial y es deglutida (7 en figura 3.1). Durante su estancia mudan dos veces llegando a crecer hasta 1 a 2 mm adquiriendo resistencia a las condiciones imperantes en el estómago. A pesar de que las larvas pueden llegar al intestino en un periodo de cinco días como mínimo, muchas de ellas no sobreviven, dado que es necesario que hayan sufrido metamorfosis hasta el último estadio, el cuarto. Dichos cambios sólo se dan hasta un periodo aproximado de entre 25 y 30 días (Burton *et al*, 2005)



En el intestino delgado se vuelven gusanos adultos, machos o hembras (1 en figura 3.1). Son necesarios entre 2 y 3 meses desde la ingestión hasta que la hembra pueda depositar nuevamente huevos. Los gusanos adultos pueden llegar a vivir de 1 a 2 años. Muchos individuos que están expuestos sufren un ataque sistémico debido a que en ocasiones algunas larvas pasan de los capilares pulmonares a las cavidades izquierdas del corazón, es decir, a la circulación periférica, invadiendo ganglios linfáticos, tiroides, timo, bazo, cerebro y médula espinal. El ser humano sólo es infectado por huevecillos de origen fecal humano. (Craig y Faust, 1977)

La infección sólo se adquiere mediante la infección de huevos embrionados que hayan sido tomados del suelo o bien por la ingesta de alimentos contaminados, así como por aquellos niños que comen en estado de desaseo. En los países en los que se acostumbra utilizar las heces como fertilizante o el agua residual mal tratada usada para riego de cultivos y huertas, la población adulta se infecta al ingerir los vegetales crudos y contaminados.

La infección por estos nematodos intestinales en México sigue siendo un problema de salud pública, ya que esta infección junto con la amibiosis y las infecciones por helmintos siguen estando dentro de las 20 principales causas de enfermedad en México. La distribución de la ascariosis por grupos de edad se concentra en los grupos de individuos menores de 15 años con un pico mayor en la población de 1 a 4 años. En este grupo hay una disminución de las tasas de morbilidad de 1995 al año 2000. Llama la atención que a pesar de los programas de desparasitación que lleva a cabo la Secretaría de Salud en población infantil, sea precisamente éste grupo el más vulnerable (Ximénez, 2002).

### 3.3 Cestodos

#### 3.3.1 *Taenia sp* (figura 3.2)

La *Taenia saginata* es de hábitat cosmopolita, aunque cabe destacar que al cruzar su ciclo vital con el ganado vacuno rara vez se le encuentra en países musulmanes. Se le encuentra en América desde los Estados Unidos hasta Sudamérica y en Europa es relativamente abundante.

Este cestodo se caracteriza por tener un escólex sin róstelo y sin ganchos a diferencia de *T solium* que posee de 22 a 32 ganchos. Viven en el intestino delgado del ser humano. En condiciones normales pueden llegar a medir hasta 10 m de largo, siendo la regla de 3 a 4 m; poseen aproximadamente 1000 proglótidos. La cabeza es cuadrada provista de cuatro ventosas semiesféricas de 0.7 a 0.8 mm de diámetro colocadas de manera angular para la fijación en el hospedero. El cuello es seguido de una serie de proglótidos inmaduros, grávidos y maduros conocidos como estróbilo (Burton *et al*, 2005)



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón

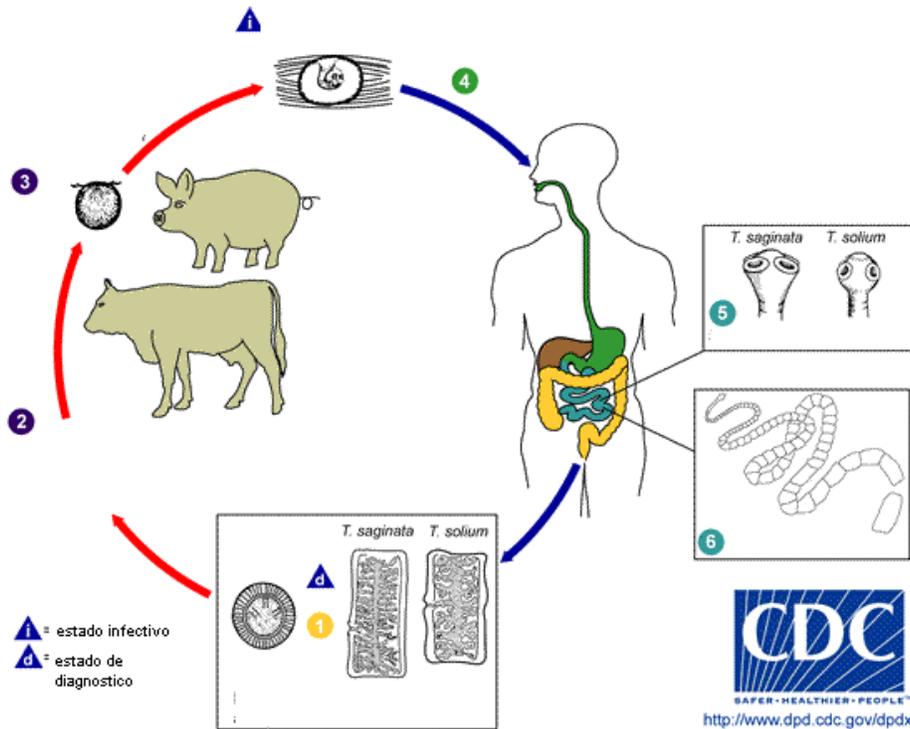


Figura 3.2 Ciclo de vida de *Taenia* sp

Fuente Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern (2008)

En estas se pueden encontrar 12 o más ramas laterales, mientras que en *T. solium* sólo se encuentran de 7 a 12 ramas laterales del útero que son características de la especie y sirven para la identificación. Los humanos son el único hospedero final para *T. solium* y *T. saginata*. Los huevos se desarrollan en una envoltura delgada hialina, que poseen un par de apéndices filamentosos (Burton *et al*, 2005)

Los huevos o los proglótidos grávidos pasan a las heces (1 en figura 3.2), pueden sobrevivir meses en el ambiente, miden de 30 a 40  $\mu\text{m}$  de diámetro y son indistinguibles de la especie *T. solium*. Cuando los huevos son ingeridos por los cerdos, las oncósferas liberadas, usando sus ganchos y glándulas de secreción para la penetración, penetran la pared intestinal (2 en figura 3.2) llegando a las venas mesentéricas o linfáticas, siendo arrastradas por la circulación hasta que se infiltran en los músculos estriados en la región del miocardio, en donde maduran después de 60 a 75 días a una forma de larva vesicular conocida como *Cysticercus bovis* (3 en figura 3.2)



Los humanos se infectan al ingerir carne cruda o mal cocida (4 en figura 3.2). En el intestino del humano, los cisticercos se desarrollan después de dos meses a su forma adulta, en la cual pueden permanecer por años. Los adultos se adhieren a la pared intestinal mediante un escólex (5 en figura 3.2) y residen en el intestino delgado (6 en figura 3.2). Aunque por regla general se produce la infección por un solo individuo, se han llegado a encontrar hasta una docena de ellos de manera simultánea (Burton *et al*, 2005)

Los adultos producen proglótidos que maduran, se vuelven grávidos, se despegan del cuerpo del gusano y migran al ano o pasan por las heces. La infección se adquiere por parte de las reces por alimentarse en lugares contaminados por materia fecal que contiene a los parásitos, es decir, por agua de descarga municipal directa o por un mal tratamiento previo. En condiciones adecuadas, el huevo puede permanecer viable en el pasto por un periodo superior a las ocho semanas (Burton *et al*, 2005)

Debido a su gran tamaño, el gusano puede causar serias alteraciones en las funciones normales del aparato digestivo. Se ha llegado a observar inclusive obstrucción intestinal aguda, en ocasiones se pueden instalar en la luz del apéndice propiciando el inicio de una apendicitis; lo más frecuente es observar una intoxicación del paciente a causa de los productos excretados por el gusano. (Craig y Faust, 1977)

### 3.3.2 *Hymenolepis* sp (figura 3.3)

*Hymenolepis nana*, conocida como el gusano enano, mide entre 7 y 50 mm, a diferencia de *H diminuta* cuya longitud es de aproximadamente 20 a 60 cm; consiste de aproximadamente 200 proglótidos. El escólex tiene un róstelo retráctil con pequeños ganchos dispuestos en forma circular. El proglótido maduro tiene un solo atrio genital. El sistema reproductor masculino consiste en tres testículos, la región medular de los proglótidos grávidos está completamente ocupada por un saco uterino que contiene arriba de 200 huevos.

Los huevos de *Hymenolepis nana* son liberados al irse hidrolizando el proglótido localizado en el extremo distal. Son de tipo esférico y hialino, miden de 30 a 50  $\mu$ m conteniendo una oncósfera que está encerrada en una envoltura interna con dos engrosamientos polares, de los cuales salen de cuatro a ocho filamentos polares. Dentro de la oncósfera se observan tres pares de ganchos en forma de lanceta. Los huevos de *H. nana* son infectivos desde que pasan por las heces pero no pueden sobrevivir por más de 10 días en el ambiente (1 en figura 3.3). Pueden ser infectivos si son ingeridos desde que salen del hospedero e ingresan nuevamente al sistema digestivo del hombre. La eclosión libera a las oncósferas que pueden



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



penetrar las vellosidades del intestino delgado, transformándose en gusanos maduros en el transcurso de dos a tres semanas (Burton *et al*, 2005)

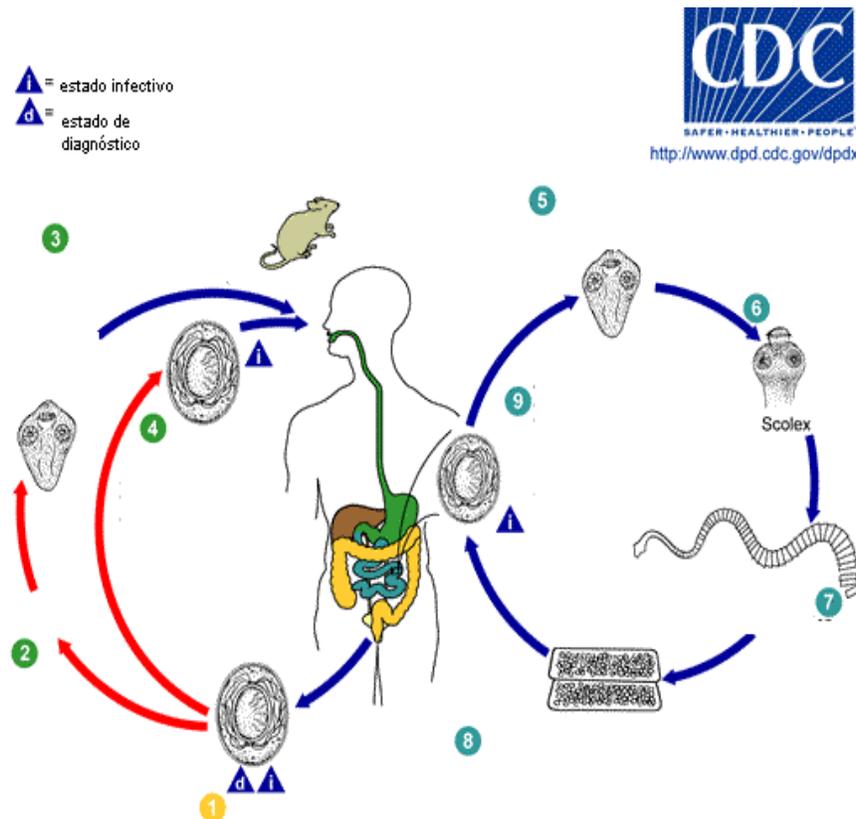


Figura 3.3 Ciclo de vida de *Hymenolepis nana*

Fuente Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern (2008)

Cuando son ingeridos por artrópodos coprófagos como la tijereta, los miriápodos, las pulgas y los escarabajos, (2 en figura 3.3) se vuelven cisticercoides, que pueden infectar a roedores después de la ingesta (3 en figura 3.3.2) en donde se desarrollan hasta adultos en el intestino delgado. Cuando los huevos son ingeridos (4 en figura 3.3) por alimentos o agua contaminada con heces, las oncósferas que contiene a los huevos se rompen. Estas pueden penetrar el vello intestinal y desarrollarse como cisticercoide larvario (5 en figura 3.3). El cercocisto migra a hacia la luz intestinal, maduran sus escólex (6 en figura 3.3), atacan la mucosa intestinal y se desarrollan en adultos que residen en el íleon produciendo proglótidos grávidos después de dos a tres semanas (7 y 8 en figura 3.3). También



pueden desarrollarse por autoinfección, mediante el cual los huevos penetran los vellos continuando su ciclo sin la necesidad de salir al ambiente (9 en figura 3.3). El adulto puede vivir de 4 a 6 semanas, pero la autoinfección interna se puede mantener durante años. Las infecciones masivas de larga evolución en el hombre son producto de una autoinfección (Burton *et al*, 2005)

Para de *H diminuta*, el éscolex está desarmado, el ancho de cada proglótido es mayor que su longitud, los huevos son café amarillento, ovoides, miden aproximadamente 70 - 85  $\mu\text{m}$  X 60 - 80  $\mu\text{m}$  con una membrana externa estriada así como una delgada membrana interna. Estos pasan a las heces para ser ingeridos por un hospedero intermediario, como cucarachas y pulgas, en donde las oncósferas liberadas de los huevos penetran en la pared intestinal del insecto para desarrollarse en larvas cisticercoides. La infección en los seres humanos se produce cuando se ingieren alimentos como cereales o frutas secas contaminadas con éstos insectos, así también por exploración oral de los niños en el ambiente.

La infección es más común en niños y se observa preponderantemente en familias o grupos de afinidad como son escuelas o centros de trabajo, en comparación con la población en general. (Craig y Faust, 1977)

### 3.3.3 *Diphyllobothrium* sp (figura 3.4)

Acerca de la familia Diphylobothriidae existen dos géneros, *Diplogonoporus* y *Diphyllobothrium*, que se encuentran normalmente parasitando cetáceos y pinnípedos implicados en infecciones humanas (Oshima *et al*, 2002)

Los hospederos definitivos de éste parásito son el ser humano, el perro, el gato, el perro y otra cantidad importante de mamíferos de muy diversas clases como son el cerdo, la morsa, la foca, el zorro y el oso. El gusano adulto de *Diphyllobothrium latum* presenta un color amarillento, siendo el gusano más grande conocido que llega a parasitar al ser humano, se han encontrado especímenes de hasta 10 m de longitud, puede tener de 10 a 20 mm de ancho, y puede consistir de más de 3000 proglótidos. El lugar principal de alojamiento es el íleon, en ocasiones también llega a parasitar el yeyuno. La manera en que se adhiere al hospedero es por medio de surcos de succión laterales dispuestos de manera longitudinal llamados botria, singular botrium. Puede llegar a vivir durante varios años llegando inclusive a los veinte de longevidad (Burton *et al*, 2005)

El escólex tiene forma de almendra, mide 2 mm por 1 mm dotado de surcos dorsoventrales de succión. Se reproducen por autofecundación, es decir, posee los órganos reproductores femenino y masculino. Estos últimos terminan en un plexo muscular, en el poro genital común. Los genitales femeninos se constituyen de un ovario con dos lóbulos alineados de forma simétrica, una vagina que parte



del poro genital y un útero que se abre en el poro uterino, a corta distancia del poro genital común (Burton *et al*, 2005)

El útero descarga diariamente hasta 100,000 huevos de color amarillento pardecino hacia el intestino, una vez que descarga los huevecillos, el proglótido se hidroliza. El tamaño del huevo oscila entre 55 a 75  $\mu\text{m}$  de largo por 40 a 55  $\mu\text{m}$  de ancho; contiene una cápsula simple con un opérculo oculto en uno de los extremos y un engrosamiento pequeño en forma de botón en el otro extremos (Burton *et al*, 2005)

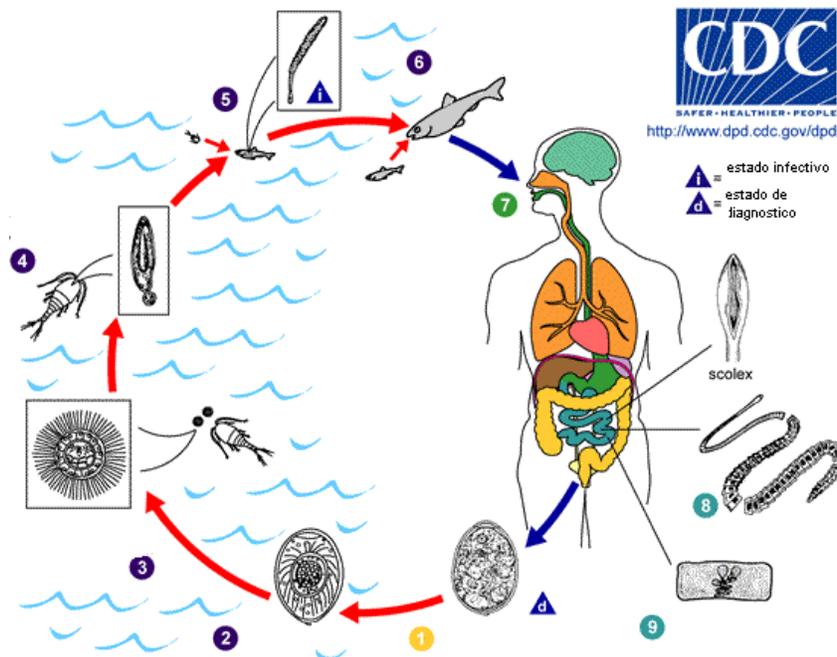


Figura 3.4 Ciclo de vida de *Diphyllbothrium latum*

Fuente Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern (2008)

Los huevos inmaduros pasan a las heces (1 en figura 3.4). Para continuar el ciclo vital le es necesario un par de intermediarios, primero y bajo condiciones apropiadas, los huevos maduran, en aproximadamente 20 días (2 en figura 3.4) y forman oncósferas las cuales se desarrollan como coracidios (3 en figura 3.4). Después de la ingesta por algún crustáceo copépodo de agua dulce del género *Cyclops* o *Diaptomus*, el coracidio se desarrolla como procercoide larvario llegando a alcanzar una longitud de hasta 50  $\mu\text{m}$  dentro del cual pierde sus cilios, penetrando la pared intestinal (4 en figura 3.4). Seguido a la ingesta del copépodo por un segundo hospedero, peces de agua dulce como lo son el salmón, el lucio y



la trucha, el procercoide migra dentro del pez penetrando la pared intestinal, entrando en la cavidad del cuerpo, en las vísceras, en los tejidos grasos y en los músculos.

Después de treinta días se desarrolla como plerocercoides larvario, organismo pseudosegmentado, en forma de huso, de 10 a 20 mm de longitud (5 en figura 3.4) que en este estado es infectivo para el ser humano, aunque rara vez se ingieren pecillos crudos. Este segundo intermediario es ingerido por predadores más grandes como la perca (6 en figura 3.4). En este caso, el espargano puede migrar a la musculatura del pez y los humanos pueden adquirir la enfermedad al ingerir éste pez mal cocido (7 en figura 3.4). Un pez puede tener varios plerocercoides. Después de la infección, el plerocercoides se desarrolla en su forma adulta en la pared intestinal. Se adhieren a la mucosa intestinal por medio del botrium en sus escolex (8 en figura 3.4); los adultos pueden medir hasta 10 metros de longitud. Los huevos inmaduros son descargados de los proglótidos, miles de éstos por día por gusano (9 en figura 3.4) y pasan a las heces, aparecen en éstas de 5 a 6 semanas después de la infección (1 en figura 3.4).

El parásito abunda en regiones templadas del centro de Europa, en Japón, en América del Sur y en la Región de los Grandes Lagos. Se ha encontrado una variedad de *D. pacificum* en regiones más templadas de América. Con respecto a *D. cameroni* y *D. pacificum* se ha encontrado que rara vez parasitan al ser humano. *D. cameroni* fue originalmente encontrado en las focas de Hawaii y el primer reporte de infección por éste parásito se remonta a 1981. *D. pacificum* es bien conocido como un parásito de la foca del norte, el león de California y el león marino. Infecciones en seres humanos han sido reportadas en Perú desde 1969, en Chile desde 1976 y en Japón desde 1982. (Craig y Faust, 1977)

El ser humano es el principal responsable de la presencia de éste parásito, debido a la presencia de animales de cautiverio que se alimentan con peces infectados o por prácticas insalubres en cuanto al manejo de drenaje sanitario en mal estado o inexistente. La práctica de permitir el ingreso de aguas negras mal tratadas a cuerpos de agua está directamente relacionada con el incremento en el número de casos de infección.

En todos los casos donde se pretenda dar una solución permanente al problema se deberá contemplar el mejoramiento de las condiciones sanitarias y el acceso a agua potable, e implementar programas adicionales de educación para la salud.



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



# CAPITULO 4, METODOLOGÍA



## 4.1 Trabajo de campo

### 4.1.1 Identificación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron identificados, considerando el análisis de calidad del agua que se realizó en época de sequía (Álvarez y Durán, 2006). En la figura 4.1 se presenta la distribución con los puntos muestreados.

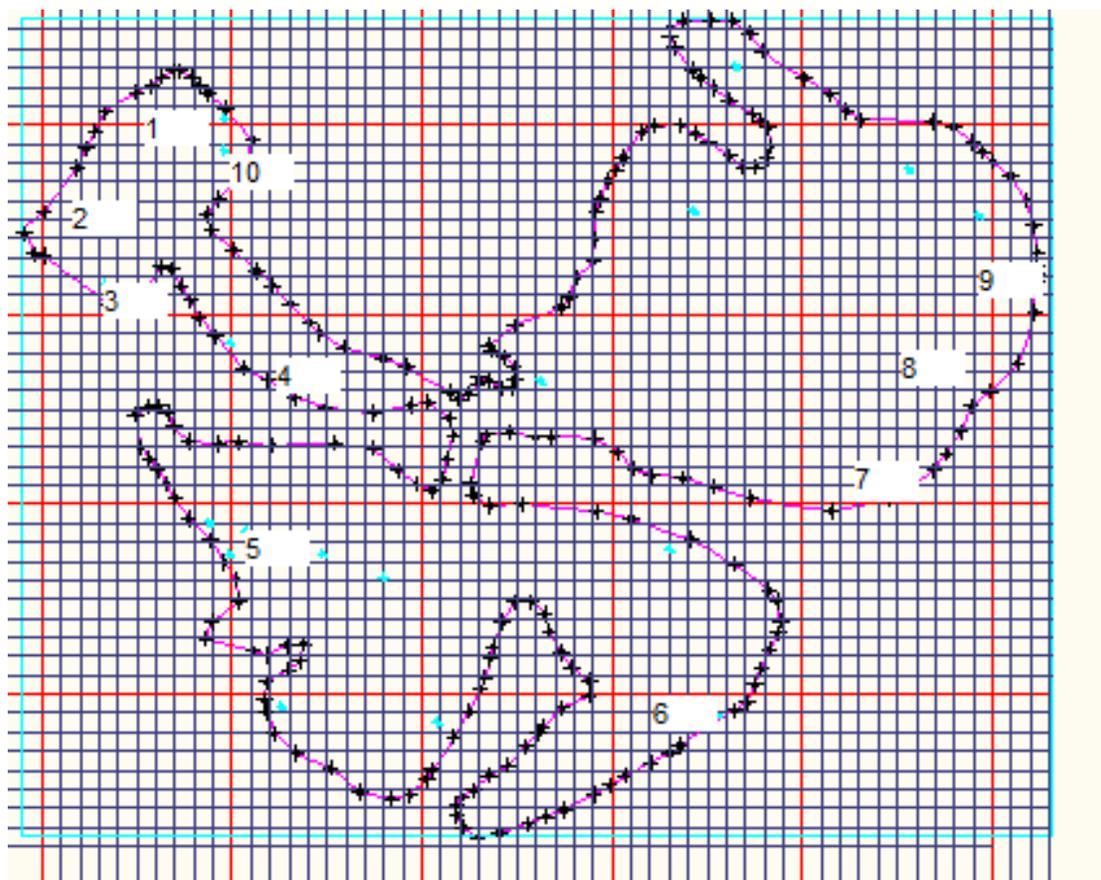


Figura 4.1 Perfil de Lago del Bosque de San Juan de Aragón

### 4.1.2 Muestreo

Para la toma de muestras se prepararon previamente recipientes para 8 L de muestra de polietileno con tapa hermética, desinfectándolos con cloro, enjuagándolos con agua potable a chorro y al final con una piseta de agua destilada, considerando la norma NMX-003-AA-1980.



En campo se tomaron 5 litros de agua por cada punto muestreado. Se realizó el muestreo de tipo superficial, simples de acuerdo a las recomendaciones de las NOM-003-SEMARNAT-1997 y la NMX-AA-003-1980 (Figura 4.2)



**Figura 4.2 Muestreo superficial**

No se empleó reactivo alguno en campo, por lo que no se generaron residuos peligrosos o de manejo especial.

#### **4.2 Trabajo de laboratorio**

Los métodos para la detección e identificación de huevos de helminto en matrices ambientales son modificaciones de aquellos métodos tradicionalmente empleados en laboratorios de análisis clínicos, teniendo eficiencias de recuperación muy parecidas. Sin embargo, se padece de ambigüedad dada la carencia de una metodología estandarizada que permita la adecuada comparación en los datos recopilados (Malicki *et al*, 2001).

A continuación se presenta una propuesta metódica en la que se plantea una detección relativamente rápida de los parásitos en cuerpos de agua superficiales, basada en el empleo de un tamiz de 20  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro durante la manipulación de la muestra en el laboratorio. El método en que se basa la NOM-001-SEMARNAT-1996 emplea la sedimentación, centrifugación y flotación, modificados de la metodología de Balingier (Allen y Riedley, 1970), que se basa en la sedimentación por centrifugación y flotación con  $\text{ZnSO}_4$  para la recuperación de



huevo de *Áscaris*, *Trichuris* y algunos otros gusanos, así como en las normas APHA, AWWA, WPCF (1992).

#### 4.2.1 Preparación de la muestra.

Para la conservación en buen estado de la muestra, se agregan 10 mL de formaldehído al 4% (Bartlet *et al*, 1977), lo cual no sólo permitirá conservar la muestra hasta por seis meses, sino que además previene las distorsiones de las formas parasitarias causadas por las soluciones salinas de alta densidad.

#### 4.2.2 Concentrado y centrifugado de la muestra.

a) La muestra se deja sedimentar durante 3 horas o toda la noche.

La muestra proviene de una matriz ambiental, con una cantidad importante de agentes que no son de nuestro interés. La primera sedimentación es útil para permitir que aquellas partículas con densidad superior a 1 g/mL migren al fondo del recipiente.

b) El sobrenadante se aspira por vacío sin agitar el sedimento. (Figura 4.3)

Una vez observados el botón al fondo de nuestro recipiente y el medio acuoso tenemos la certeza de contener en el fondo a las partículas de interés (Faust *et al*, 1938)



Figura 4.3 Extracción por vacío

c) Filtrar el sedimento sobre un tamiz de 20 micras (Figura 4.4)



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



La literatura exige el emplear tamiz de 160  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro, sin embargo, este trabajo plantea la posibilidad de usar tamiz de poro mucho menor, puesto que el tamaño escogido resulta ser menor que el de cualquiera de los huevecillos a monitorear, cuyos diámetros oscilan entre 45 y 75  $\mu\text{m}$  de longitud por unos 35 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro para *A lumbricoides*, 30 a 40  $\mu\text{m}$  de diámetro para *T saginata*, 30 a 45  $\mu\text{m}$  para *Hymenolepis sp* y 55 a 75  $\mu\text{m}$  de largo por 40 a 55  $\mu\text{m}$  de ancho para *Diphyllobotrium sp*. El factor clave en este paso es evitar el enjuague de material, el recolectar nuevamente la muestra en otro recipiente y nuevamente concentrar.



**Figura 4.4 Tamiz de 20  $\mu\text{m}$**

**d)** Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400-2,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga) (Figura 4.5)

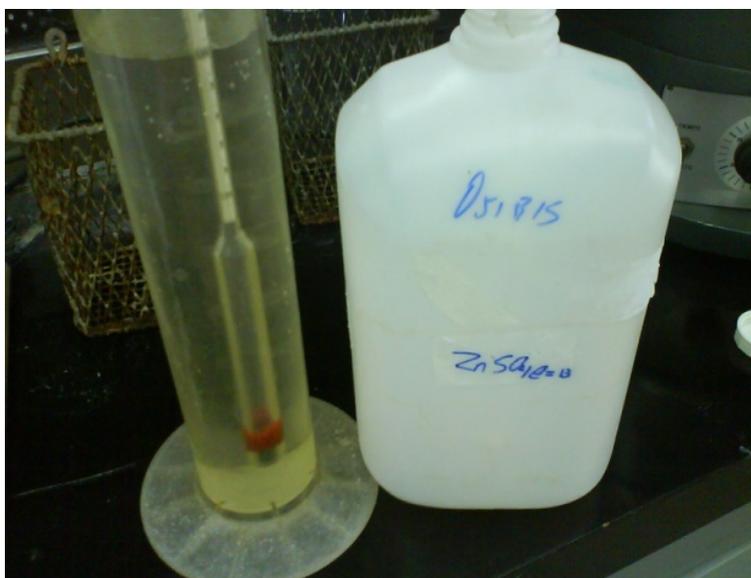
La fuerza relativa de la centrífuga es empleada para lograr una separación diferencial. Aunado a ello, la resistencia mecánica del huevo de helminto permite su manipulación sin temor a dañar las estructuras.



**Figura 4.5 Centrifuga clínica**

e) Decantar el sobrenadante por vacío (asegurarse de que exista la pastilla) y resuspender la pastilla en 150 ml de  $ZnSO_4$  con una densidad de  $1.3 \text{ g/cm}^3$  (Figura 4.6)

El  $ZnSO_4$  es empleado para aumentar la densidad específica del medio sin incrementar la tonicidad del medio, dado el radio atómico de la molécula y su baja capacidad de atravesar membranas semipermeables.

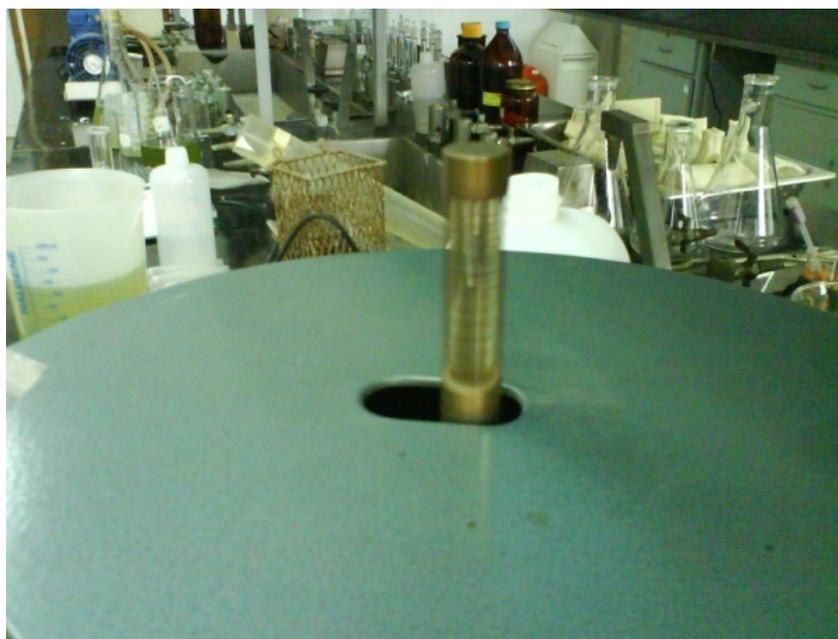


**Figura 4.6  $ZnSO_4$  densidad 1.3**



- f) Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400-2,000 rpm por 3 minutos)

Aquellas partículas con densidad menor a la del medio flotan en la superficie y son fácilmente recuperables, sumado esto a que se aplica una fuerza suficiente para sedimentar partículas con densidad menor pero con un peso específico superior (Voet, 1995) (Figura 4.7)



**Figura 4.7 Centrifuga a 400 g**

- g) Recuperar el sobrenadante vertiéndolo en un frasco de 2 litros y diluir cuando menos en un litro de agua destilada.

El empleo de un volumen muy superior al recuperado es con el objeto de volver la solución a su estado inicial, esto es, con una densidad específica parecida a 1g/mL y las sales de  $ZnSO_4$  lo suficientemente diluidas para que causen interferencia en la posterior observación al microscopio.

- h) Dejar sedimentar 3 horas o toda la noche (Figura 4.8)



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



**Figura 4.8 Sedimentación**

- i) Aspirar al máximo el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento agitando, verter el líquido resultante en 2 tubos de centrífuga de 50 ml. (Figura 4.9)



**Figura 4.9 Resuspensión del sobrenadante**

- j) Centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000-2,500 rpm por 3 minutos, según la centrifuga).



El propósito de llevar a cabo la concentración seriada de la muestra, es el de retirar al máximo la enorme cantidad de partículas extrañas que pueden interferir en la caracterización microscópica de los huevecillos.

- k) Reagrupar las pastillas en un tubo de 50 ml y centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000-2,500 rpm por 3 minutos).
- l) Resuspender la pastilla en 15 ml de solución de alcohol-ácido ( $H_2SO_4$  0.1 N) +  $C_2H_5OH$  a 33-35% y adicionar 10 ml de éter etílico.

El empleo del medio de suspensión de alcohol ácido es para aumentar la capacidad de disolver el moco y otras sustancias presentes (Beaver *et al*, 1952), de manera similar, para separar de manera más eficiente aquellas partículas con características lipóideas se emplea el éter etílico, que al disolver las grasas de las membranas se hacen más ligeros y pueden ser separados por métodos físicos como la decantación o aspirándolos. (Cropper y Jenesen, 1955)

- m) Agitar suavemente y abrir de vez en cuando los tubos para dejar escapar el gas, considerar que el éter es sumamente inflamable y tóxico, (Figuras 4.10)



Figura 4.10 Separación de fases



n) Centrifugar a 660 g por 3 minutos (2,500-3,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).

ñ) Aspirar al máximo el sobrenadante para dejar menos de 1 ml de líquido, homogeneizar la pastilla y proceder a cuantificar.

#### 4.2.3 Identificación y cuantificación de la muestra

a) Distribuir todo el sedimento en una celda de Sedwich-Rafter o bien en una cámara de conteo de Doncaster.

b) Realizar un barrido total al microscopio (Figura 4.11)



**Figura 4.11 Barrido al microscopio**

La metodología es derivada de los métodos USEPA, United States Environmental Protection Agency, CFR 40, artículo 503, Apéndice I: métodos analíticos para huevo de helminto. (EPA/625/R-92/013, 1992)



## Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto

en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



La técnica de centrifugación es comúnmente usada para la separación y aislamiento de microorganismos. Para el caso particular, el gradiente de densidad en el medio aplicado al medio permite la separación de aquellos microorganismos con la densidad específica en que el medio se encuentre. El resultado es una separación de las partículas, es decir, de los huevos de Helminto que se pretende contabilizar e identificar.



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



# **CAPITULO 5, RESULTADOS Y SU EVALUACIÓN**



### 5.1 *Ascaris lumbricoides*

Los huevos fertilizados de *Ascaris* son anchos y ovoideos, con una cápsula gruesa y transparente, constituida por una membrana vitelina interna relativamente impermeable y de naturaleza lipóide, la cual no se encuentra en los huevecillos infértiles; una capa media transparente y gruesa, derivada de glicógeno, y una capa externa, mamelonada, albuminoide y generalmente teñida de un color café parduzco. La membrana vitelina es inerte, y debido a su impermeabilidad evita que sustancias tóxicas del ambiente puedan lesionar al embrión. Estos huevos miden de 45 a 75  $\mu\text{m}$  de longitud por 35 a 50  $\mu\text{m}$  en su diámetro menor; no están sedimentados y contienen una masa de gránulos gruesos de lecitina cuando son eliminados por las heces (Figura 5.1)

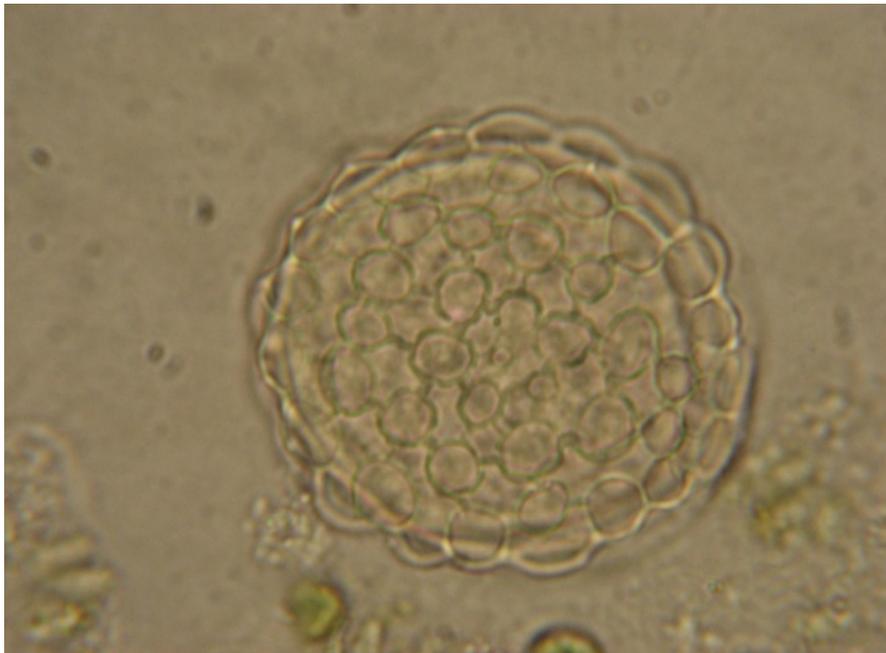


Figura 5.1 *Ascaris lumbricoides*

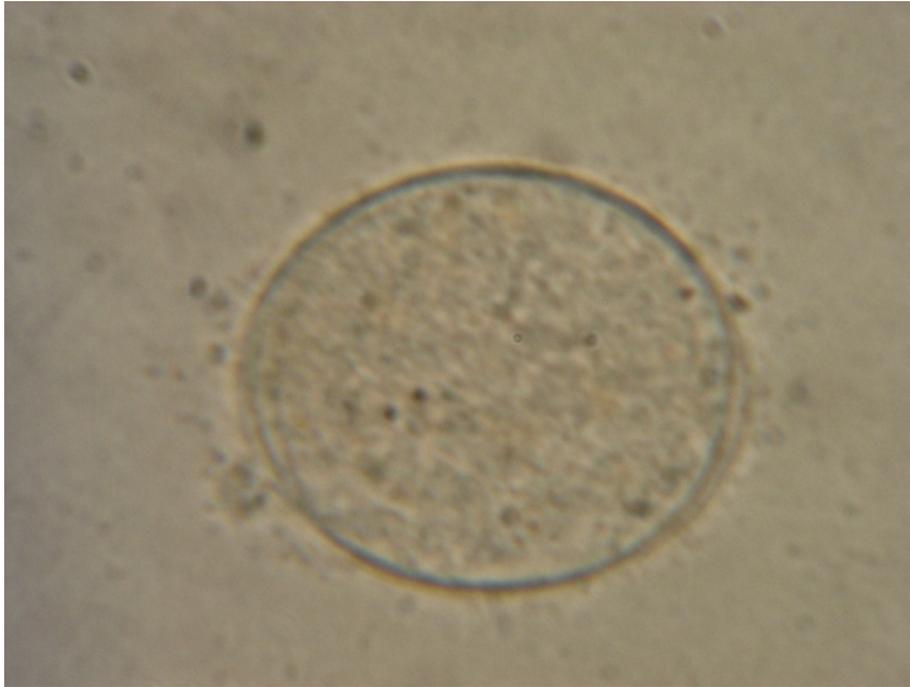
El porcentaje de huevos totalmente larvados que se desarrolla y la rapidez de este desarrollo dependen de las condiciones del medio ambiente (Faust *et al*, 1984)



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



Los huevos no fertilizados miden de 80 a 90  $\mu\text{m}$  y son frecuentemente observados en las heces. Pueden ser producidos por hembras no fertilizadas o bien por hembras fértiles en etapa temprana de la ovoposición. Su estructura interna consiste en una masa de gránulos desorganizados, altamente refractante y de varios tamaños (Figura 5.2)



**Figura 5.2 *Ascaris lumbricoides***

Las enzimas digestivas pueden disolver la capa albuminosa, dejando al huevo con una superficie descorticada lisa (Koneman, 1999)



## 5.2 Taenia sp.

Los huevos son esféricos o casi redondos, miden de 30 a 40  $\mu\text{m}$  de diámetro, son de color ante pálido o color nogal y no se pueden distinguir de los huevos de *T. saginata* o *T. solium*. La cápsula es gruesa y está formada por muchos prismas truncados unidos entre sí, estando además provista de una delgada capa hialina denominada embrióforo radiado. Dentro de la cápsula hay un embrión completamente desarrollado, u oncósfera, que generalmente tiene tres pares de ganchos (Figura 5.3)



Figura 5.3 Taenia sp.



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



Los huevos al abandonar el útero de la proglótide grávida, si son depositados en el suelo, pueden permanecer viables por espacio de muchas semanas (Figura 5.4) (Faust *et al*, 1984)



Figura 5.4 *Taenia sp.*



### 5.3 Hymenolepis sp.

Los huevos son liberados al desintegrarse gradualmente los proglótidos más distales. Son esféricos o casi esféricos, hialinos, miden para el caso de *H. nana* de 30 a 50  $\mu\text{m}$  y en el caso de *H. diminuta* de 70 - 85  $\mu\text{m}$  X 60 - 80  $\mu\text{m}$ . *H. nana* contiene una oncósfera que está encerrada en una envoltura interna con dos engrosamientos polares, de los cuales salen de 4 a 8 filamentos polares. Dentro de la oncósfera hay tres pares de ganchitos en forma de lanceta (Figura 5.5)

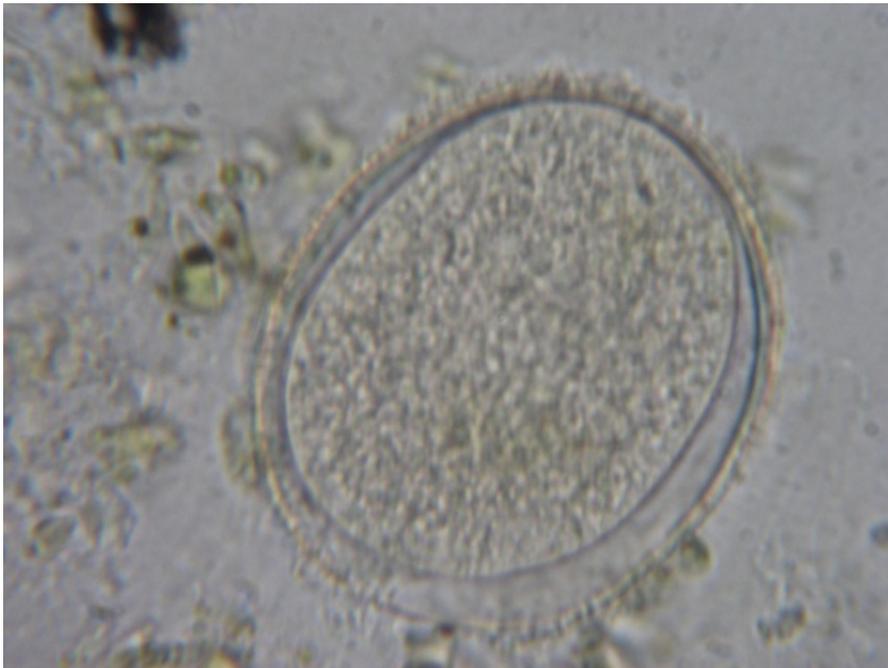


Figura 5.5 Hymenolepis sp

Para el caso particular de *H. diminuta* los huevos tienen una membrana externa transparente, ligeramente amarillenta, tienen una membrana interna que rodea a la oncósfera, la cual presenta dos engrosamientos polares. Entre las dos membranas hay una matriz gelatinosa incolora. Los seis ganchillos lancelonados de la oncósfera en *H. nana* están dispuestos en forma de abanico (Faust *et al*, 1984)



#### 5.4 *Diphyllobotrium sp*

Los huevos son anchos y ovoides, operculados, con una cápsula moderadamente gruesa, de color ligeramente amarillo oro, y contienen embriones inmaduros cuando se realiza la ovoposición y son expulsados en las heces. Miden de 55 a 75  $\mu\text{m}$  por 40 a 55  $\mu\text{m}$ , son muy resistentes a agentes químicos pero pierden rápidamente su viabilidad cuando son sometidos a desecación o putrefacción (Figura 5.6) (Faust *et al*, 1984)

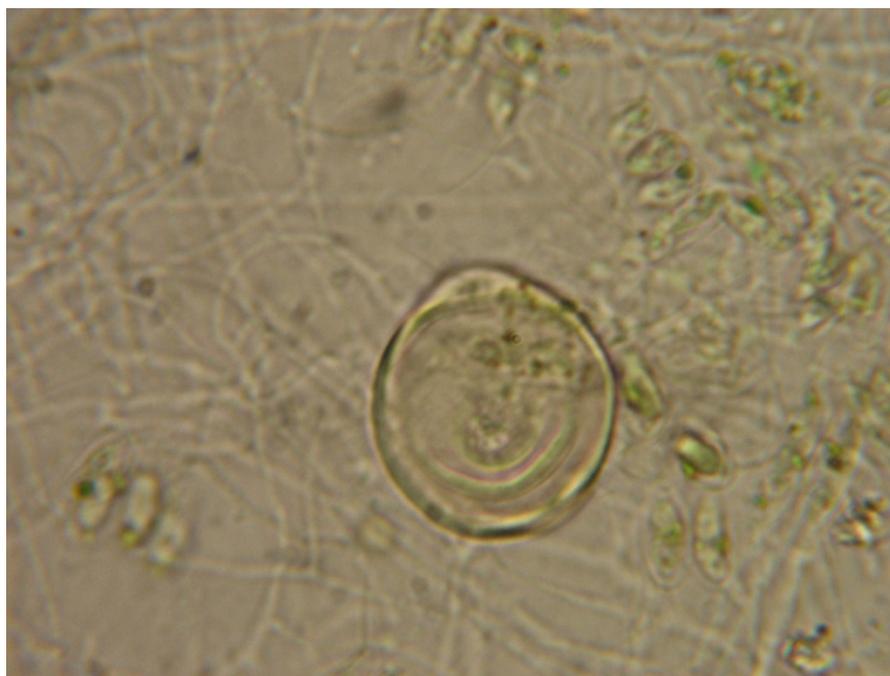


Figura 5.6 *Diphyllobotrium sp*

Se observa evidente el opérculo en uno de los extremos laterales con una pequeña protuberancia terminal en el otro. La cubierta es delgada y lisa. El clivaje interno no está organizado y se extiende hasta la cubierta, llenando por completo el área interna (Koneman, 1999)



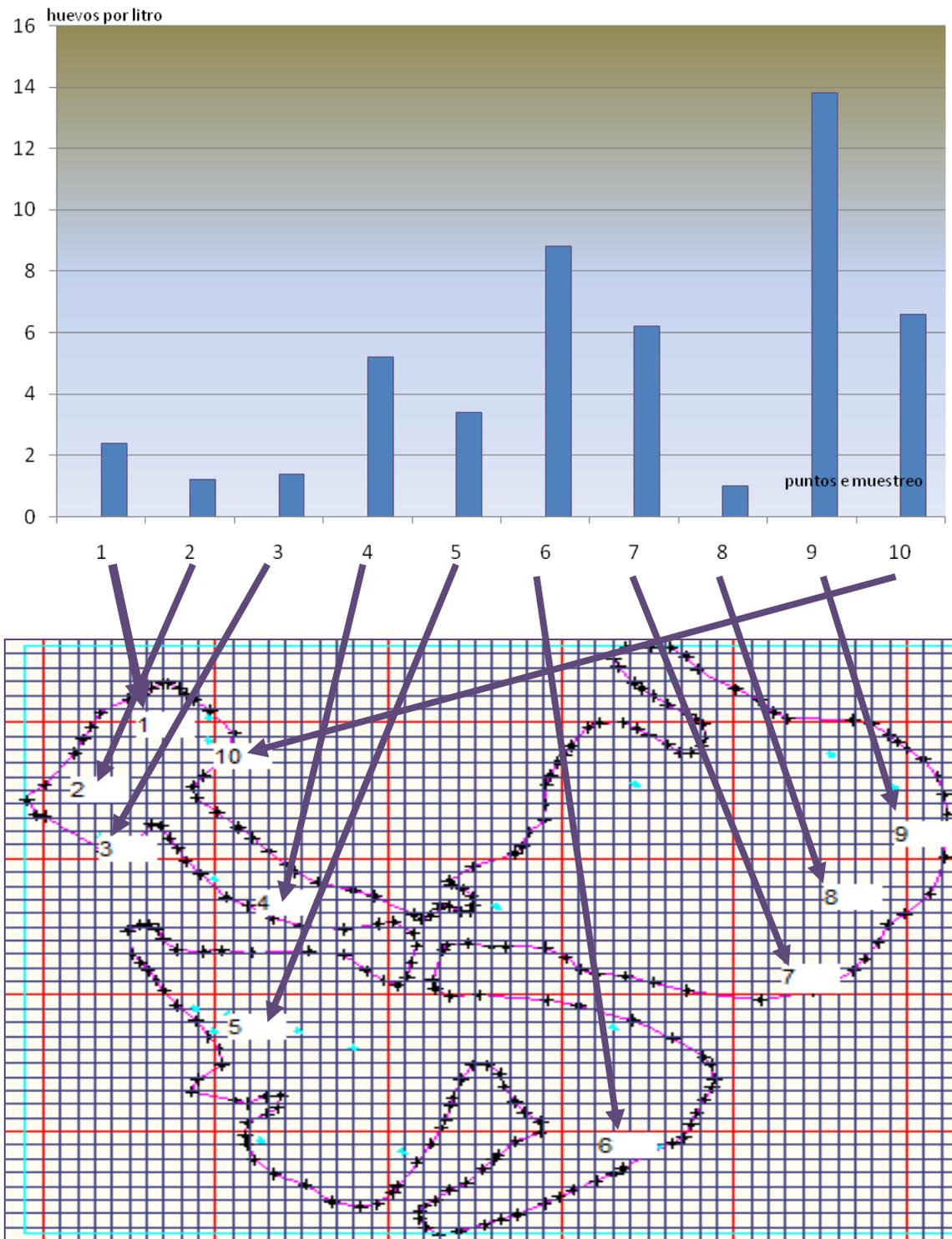
**Tabla 5.1, Número de huevos encontrados por muestra**

Se observa claramente que en los puntos de muestreo seleccionados el límite máximo permisible para el número de huevos de Helminto se rebasa, a excepción del punto de muestreo número 8, que es precisamente la salida de agua por parte de la Planta de Tratamiento de Agua Residual “Tlacos”.

Punto de muestreo	Huevos por litro
1	2.4
2	1.2
3	1.4
4	5.2
5	3.4
6	8.8
7	6.2
8	1
9	13.8
10	6.6



Figura 5.7 Número de Huevos por zona





Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



# **CAPITULO 6, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 6.1 Conclusiones

Se monitoreó el Lago del Bosque de San Juan de Aragón y se caracterizaron las muestras con el fin de identificar los huevos de Helminto, realizando una identificación microscópica aplicando la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Se identificaron los factores ambientales en el lago, con el fin de ubicar los puntos de muestreo. Los puntos de muestreo fueron identificados, considerando el análisis de calidad del agua que se realizó en época de sequía y de lluvia (Álvarez *et al*, 2005).

Se realizó la toma de muestras puntuales conforme a la norma NMX-AA-003-1980, encontrándose que todos los puntos arrojan resultados positivos y por encima del límite máximo permisible que permite la norma, por la presencia de huevos de Helminto, Cabe señalar que el afluente principal que proviene de la planta de tratamiento de agua residual "Tlacos" del Sistema de Aguas de la Ciudad de México está en el límite.

Se determinaron los huevos de helminto, aplicando las normas NOM-003-SEMARNAT-1997 y NMX-AA-113-SCFI-1999 observándose que no es fácil de realizar dicha prueba y tampoco resulta económica, si se realiza de manera esporádica; así mismo dicha determinación consume muchas horas de laboratorio.

Con base en las observaciones, se reporta un número considerablemente mayor al límite máximo permisible establecido en la NOM-001-ECOL-1996 en todos los puntos muestreados, a excepción de uno. Llama la atención de manera notoria que es precisamente el punto de abastecimiento de agua al lago por parte de la planta de tratamiento de aguas residuales de Tlacos, lo cual indica claramente que la contaminación no es por parte del influente primario.

De las observaciones hechas al microscopio se puede concluir que se encuentra diversas especies de Helmintos, característicos de la zona, exceptuando las especies de *Diphyllobotrium*, que no son propias de la región, sin embargo, se debe tomar en cuenta la gran cantidad de aves migratorias presentes en el lago, muchas de las cuáles migran desde Canadá y el norte de Estados Unidos, lugares en donde se pueden infectar de los parásitos y traerlos a las áreas templadas. Además, el escaso control de acceso de la fauna doméstica también es factor evidente de contaminación.



## 6.2 Recomendaciones

Realizar un monitoreo periódico para la identificación y caracterización del tipo de huevo de Helminto para el mantenimiento de un estadístico de la calidad del agua en referencia al carácter parasitológico.

Identificar los aspectos estructurales que influyen en la calidad del agua para el planteamiento de una solución viable al problema de contaminación existente en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón.

Evitar el ingreso al lago y sus alrededores de fauna nociva y doméstica ya que pueden ser portadores de parásitos.

Evitar el contacto directo del agua con la población hasta que se realicen las obras de mantenimiento correctivo, como son dragado de lodos y retiro de la fauna que existe en exceso.



## REFERENCIAS

Allen, B.C. y Riedley, D.S (1970) "*Further observations on the formol ether concentration technique for faecal parasites*", Journal of Clinical Pathology, Vol. 23, pp 545-546

Álvarez, P. y Durán, G. (2006). "*Simulación de los Contaminantes en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón, México D.F.*" Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

APHA, AWWA, WPCF. 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18<sup>th</sup> ed., Washington, EUA

Bartlet, M. (1977) "*A Comparative Evaluation of a Modified Zinc Sulfate Flotation Technique*", Journal of Clinical Microbiology, June 1978, pp 524-528

Beaver, P.C. (1952) "*The detection and identification of some common nematode parasites of man*", American Journal of Clinical Pathology, Vol. 22, pp 481-494

Burton, J., Clint, C., Thomas, O., (2005), "*Human Parasitology*", Elsevier Academic, Amsterdam, 484 p

Craig, E.D. y Faust, E.C, (1977). "*Parasitología Clínica*", Ed. Salvat, México, 888 p

Cropper, J.W. y Jenesen, R.H., (1955) "*A method of concentrating Entamoeba cyst in stools*", The Lancet, Vol. 189, Issue 4875, pp 179-182

De la Peña, M. E. (2008). Apuntes del curso "*Administración, Financiamiento, Costos y Tarifas de Servicios Urbanos*", Especialidad en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería, UNAM.

Denton Navarrete, T. (2006). "*El agua en México, Análisis de su Régimen Jurídico*", Colección Posgrado, Programa Posgrado en Derecho, UNAM.

Faust, E.C. (1938), "*A critical study of clinical laboratory techniques for the diagnosis of protozoan cyst a helminth eggs in feces*", American Journal of Tropical Medicine, Vol. 18, pp 169-183

Gutiérrez, C. (2008). "*Standars and Thresholds for Waste Water Discharges in México*", En: Standards and Thresholds for Impact Assessment (Ed Metapress) pp 113-124

Koneman, E., Benencia, F. (1999), "*Diagnóstico Microbiológico: texto y atlas en color*", Ed. Médica Panamericana, México, Buenos Aires, 1432 p



Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern (2008) Disponible en World Wide Web:

<http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>

Landa, M. (2006). "*Diagnóstico Ambiental en las Inmediaciones de la Zona Recreativa del Bosque de San Juan de Aragón, D.F.*" Tesis de Licenciatura en Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Ciudad de México.

Ley de Aguas del Distrito Federal, 2003. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 27 de mayo de 2003.

Malicki, J., Montusiewicz, A., Bieganski, A. (2001) "Improvement of counting helminth eggs with internal standard", *Water Research*, Vol. 35, No. 9, pp 2333-2335

Martínez-Barbosa, I., Gutiérrez, M., Fernández, A., Vázquez, O., Pérez, M., García, Y. (1999) "*Inmunoepidemiología sobre Ascariosis en escolares de la Ciudad de México*", *Revista Mexicana de Patología Clínica*, Vol. 47, No. 1, pp 20-24

Martínez, D. "Evaluación de Nutrientes en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón, México, DF." Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

Memorias, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental (2006), Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente; Ciudad de México.

NMX-AA-003-1980. Diario Oficial de la Federación, Febrero 1980

NOM-003-SEMARNAT-1997. Diario Oficial de la Federación, Febrero 1998

Oshima, T., Klins, M. (2002), "*Effects of the Marine Mammal Parasites on Human Health*", *International Journal of Parasitology*, Vol. 17, Issue 2, pp 19-33

Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 (2007). Disponible en World Wide Web: <http://pnd.presidencia.gob.mx>

Plan Nacional Hídrico 2007-2012 (2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.conagua.gob.mx>

Rhode, K. (2005), "*Marine Parasitology*", Ed. NetLibrary; Callingwood, Victoria, EUA



## Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto

en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, “Agua, contexto y justificación” (2003). Disponible en World Wide Web:

<http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=42>

Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, “Agua, contexto y justificación” (2008a). Disponible en World Wide Web:

<http://www.sma.df.gob.mx/planverde/>

Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, “Agua, acciones y metas para lograr nuestro objetivo” (2008b). Disponible en World Wide Web:

<http://www.sma.df.gob.mx/planverde/>

Soto, E., Mazari, M., Bojorquez, L. (2000) “*Entidades de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México propensas a la contaminación de agua subterránea*”, Boletín del Instituto de Geografía UNAM, No. 43, pp 60-75

Tree of Life Web Project (2008) Disponible en:

<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>

Ximénez C. (2002) “*Las parasitosis intestinales en México*”. Cuadernos FUNSALUD, No 36

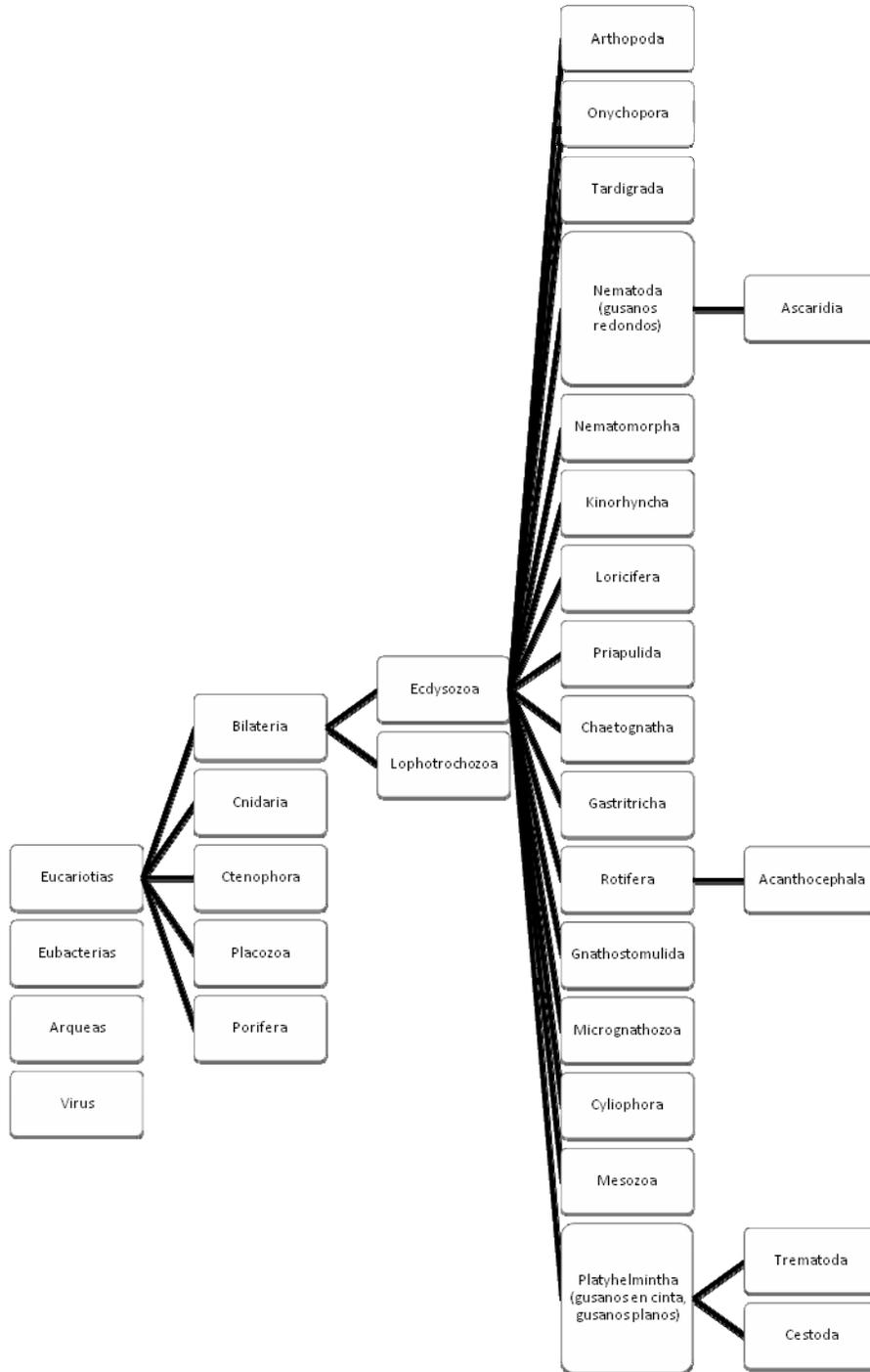
Voet, D. (1995), “*Biochemistry*”, Ed. J. Willey, New York, EUA.



Monitoreo y caracterización de huevo de Helminto  
en el Lago del Bosque de San Juan de Aragón



Anexo 1



Árbol Filogenético  
Fuente Tree of Life Web Project (2008)