UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"IZTACALA"

EFICIENCIA DE DEPURACION DE HELMINTOS GASTROENTERICOS EN UN ESTANQUE DE ESTABILIZACION EN EL ESTADO DE MEXICO.

T E S I S

Que como requisito para obtener
el Título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

VIDAL GUERRA DE LA CRUZ

Los Reyes Iztacala Junio 1988.

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

ESCUELA
PRO US
KA

A G R A D E C I M I E N T O S

- Al Dr. Fermín Rivera Aguero. Por la acertada y paciente dirección de esta tesis, así como por la oportunidad que me brindó para realizarla.

- A la Unidad de Investigación Interdisciplinaria en Ciencias de la Salud y la Educación. ENEP - IZTACALA. Por todas las facilidades otorgadas para los trabajos de campo y laboratorio.

- Al CONACYT por el financiamiento al proyecto general.

- A cada uno de los sinodales que con sus valiosas opiniones y críticas contribuyeron a mejorar este trabajo.

- A Ma. de Lourdes Guerra de la Cruz. Por las innumerables transcripciones y el mecanografiado final de esta tesis.

- A todas aquellas personas que de alguna manera me impulsaron a concluir mis estudios de Licenciatura.

A todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

D E D I C A T O R I A

A mis padres:
Odilón Guerra Blas y Agustina de la Cruz S.
Por su ejemplar actitud y por tantos
sacrificios que han hecho para la formación
de sus hijos.
A ellos, mi cariño y mi admiración.

A mis hermanos, especialmente a Jorge.
Por el apoyo y el cariño que
siempre me han brindado.

A mi esposa y mi hija.
Por su apoyo constante y decidido
por su comprensión y sobre todo
por el amor inmenso que nos une.

EFICIENCIA DE DEPURACION DE HELMINTOS GASTROENTERICOS
EN UN ESTANQUE DE ESTABILIZACION EN EL
ESTADO DE MEXICO.

I N D I C E

INTRODUCCION

El agua es un recurso natural renovable que tiene singular importancia en el desarrollo y bienestar del hombre por el papel que desempeña en el impulso de sus actividades productivas, agrícolas, industriales y de servicios municipales. Sin embargo, desde el punto de vista de la utilización del agua por los conglomerados humanos es necesario que reuna cierto nivel de calidad que le permita ser aprovechable, lo cual no es tan fácil debido a las características físicas y químicas del agua que lo hacen el medio ambiente líquido universal y por consiguiente excepcionalmente propensa a la contaminación por sustancias y organismos vivientes incluyendo los que producen enfermedades en el hombre (20).

Es por lo anterior que todas aquellas medidas y acciones destinadas a tener un manejo correcto, adecuado aprovechamiento y posible reuso de este recurso, adquieran cada vez mayor importancia, sobre todo si se consideran en el contexto real y actual de nuestro país, donde el crecimiento acelerado de los centros urbanos, la industrialización y los métodos de agricultura intensiva, hacen cada vez mayor la cantidad de residuos perjudiciales que llegan a los ríos, lagos y mares, deteriorando así la calidad de estos medios, importantes para la actividad y supervivencia del hombre y otros animales; aunado a esto existen otros factores que limitan el aprovechamiento adecuado de este recurso, como son: la desigual distribución del mismo en el territorio na

cional y el desequilibrio entre oferta y demanda que se manifiesta en la gran mayoría de las concentraciones urbanas e industriales del país (16).

En lo referente al reuso del agua, es necesario entonces, buscar alternativas de solución acordes a las necesidades actuales y futuras para prever, controlar y finalmente proteger de la contaminación a los recursos naturales en base a sus condiciones y características particulares. En este sentido los estudios e investigaciones deben enfocarse a la definición y experimentación de metodologías adecuadas de recirculación de las aguas residuales considerando la calidad y el volumen para priorizar su reuso en la agricultura, la industria, los municipios y recarga de acuíferos. Cabe agregar que un aspecto importante de estos estudios es el que se enfoca al diseño, implementación y evaluación de aquellas alternativas de tratamiento de aguas residuales que pueden ser adaptadas a las necesidades técnicas y económicas del país (16).

A este respecto el uso de Lagunas de Estabilización, aerobias, anaerobias o facultativas, como un sistema de tratamiento de aguas residuales, se ha incrementado no sólo en México, sino en muchos otros países, debido a que son sistemas efectivos y económicos capaces de alcanzar altas eficiencias por medio de actividades sencillas en su operación y mantenimiento, lo cual los hace muy recomendables en aquellos países y/o regiones donde haya importantes limitaciones económicas, de personal capacitado, etc., sin embargo, no está de más agregar que ha de requerir

se de gran seriedad para determinar su uso fundamentalmente en - base a características favorables de: topografía, geología, climatología, disponibilidad y costos de terrenos (3).

C A P I T U L O I

1.- Importancia de la Contaminación del Agua

La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales de efecto inmediato más importantes en México, por ser este recurso un factor que determina tanto la producción primaria, como la producción industrial y el crecimiento urbano en nuestro país. El rápido incremento de la población y la consecuente demanda de productos agropecuarios y forestales ha originado una sobreutilización de este recurso y en consecuencia un rápido deterioro en su calidad así como un desbalance en su cantidad aprovechable (11, 19).

Como ya se mencionó, en México la distribución geográfica del agua es también determinante dentro del contexto que encierra la problemática referente a este recurso; ya que las regiones más densamente pobladas, y de mayor actividad industrial no coinciden con las que gozan de una buena disposición del recurso; así, las zonas donde se concentra el 70% de la población y se localiza el 80% de la actividad industrial, apenas cuenta con un 15% del recurso hídrico total. Cabe señalar que dichas zonas se localizan en elevaciones superiores a los 500 msnm. Enfatizando sobre lo anterior se tiene que las regiones Centro-Lerma y Valle de México concentran el 36.5% de la población con únicamente el 2% del recurso total (11, 19).

Los usos principales del agua son: a) domésticos, b) energéticos, c) industrial, d) agrícola y e) recreativo, de estos usos, la agricultura consume el 95% del agua a nivel nacio-

nal (19), particularmente para este trabajo el interés principal es hacia aquellas aguas que son afectadas por la contaminación y que generalmente tienen su origen en los centros urbanos y que después son utilizados para cualquiera de los usos anteriormente mencionados principalmente para el riego agrícola.

Para fines de este estudio, se han considerado tres aspectos básicos de la contaminación del agua, que son:

1.1.- Aspecto Sanitario

Una de las primeras causas de enfermedad en México, las de tipo gastrointestinal, tiene su origen en la mala calidad del agua que la población consume (19). Este hecho es más notable en los pequeños núcleos urbanos y rurales, donde además la evacuación de las aguas residuales ha sido y es un problema de difícil solución desde el punto de vista sanitario, por la gran variedad de factores que confluyen para crear condiciones que facilitan la aparición, transmisión y prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias. Entre estos factores podemos citar algunos como:

a) El hecho de que el hombre es el reservorio más frecuente de los agentes causales de enfermedades infecciosas humanas, agentes que son eliminados fundamentalmente por las excretas, hace que las aguas residuales sean las que en muchos casos transporten directa o indirectamente los agentes productores de enfermedades (13).

b) Los factores ambientales como el clima, la topografía, la naturaleza del suelo, la hidrología, etc. (2).

c) Los sociales, que incluyen los de origen cultural y los de orden económico. Los primeros se refieren a patrones tradicionales de conducta, educación higiénica deficiente, etc. Los factores económicos son en última instancia la causa fundamental de la prevalencia de las enfermedades, por ser las que condicionan en las zonas rurales, la falta de sistemas adecuados para la eliminación de excretas y la escasez del agua en los domicilios para mejorar el aseo personal y el aseo de los manipuladores de alimentos (2).

En consecuencia se observan en estos grupos de población una alta frecuencia de enfermedades gastrointestinales como: la salmonelosis, shigelosis, amibiasis, giardiasis, ascariasis, estrongiloidiasis, tricocefalosis, etc. (2). Conforme a datos de 1972, la tasa de morbilidad por enfermedades gastrointestinales fue de 690 casos /100,000 hab. y en 1973 fue 107 / 100,000 habs. sin considerar a las personas que acuden a la medicina privada, curanderos o no acuden a ningún lado. En virtud de lo anterior, es evidente la necesidad de llevar a cabo una evaluación social inmediata del problema de la contaminación del agua para poder tomar medidas tendientes a solucionarlos con un criterio acorde a la magnitud del mismo (19).

El importante papel desempeñado por el agua en la transmisión de enfermedades es un hecho perfectamente comprobado; sin embargo, el impacto en la salud pública de las aguas residuales no sólo es en forma directa, sino también mediante los efectos que tienen cuando son utilizados en actividades básicas, como la agricultura y la ganadería.

1.2.- Aspecto Agropecuario

En este sector pueden distinguirse 2 aspectos interesantes del papel de las aguas residuales, uno es el aspecto sanitario y el otro es referente a las sustancias orgánicas que aportan a los cultivos; por regla general, las aguas residuales municipales, así como las de varias industrias (cervecerías, ingenios azucareros, destilerías, etc.), contienen sustancias de gran valor nutritivo para las plantas, estas aguas son generalmente ricas en N,P, compuestos carbonados, etc., sustancias que desempeñan un papel esencial en la nutrición vegetal. Por tanto el empleo de las mismas para el riego supone indudablemente un incremento apreciable en la productividad agrícola, no obstante esta ventaja no suele compensar los inconvenientes en el aspecto sanitario, es decir, el aumento extraordinario de los riesgos de transmisión de enfermedades ya sea por ingestión de plantas así regadas o bien por el peligro latente que representan algunos patógenos que se conservan en el suelo durante largo tiempo, ya que generalmente, y aún cuando se parta de aguas parcialmente tratadas, el número de microorganismos que pueden sobrevivir es

suficientemente grande como para representar un peligro real de transmisión de enfermedades por bacterias, virus y parásitos - (13, 22).

El uso de aguas de desechos orgánicos incluyendo aguas residuales domésticas para riego, ha sido practicado por varias décadas en muchos países del mundo, y en la actualidad países desarrollados están promoviendo intensivamente el reuso agrícola - de aguas residuales tratadas. Sobre éstas prácticas de reuso en los EStados Unidos ha sido evidente el hecho de que se han producido muchos brotes de enfermedades debido a la contaminación con aguas residuales ya que el número de microorganismos patógenos - en estos esquemas es alto como para causar impacto en la salud - pública. Se ha enfatizado el hecho de que existe considerable - evidencia sobre el peligro de aumentar la incidencia de enfermedades gastrointestinales a través del reuso agrícola no restringido de las aguas residuales (22).

Una muestra de lo anteriormente expuesto es el estudio - que se realizó en el Distrito de Riego # 88, en Chiconautla, Mpio de Ecatepec, México, donde se identificaron y cuantificaron estados larvarios de Helmintos parásitos en cultivos de alfalfa regada con aguas negras, encontrándose porcentajes considerables para nemátodos como: Trichostrongylus spp. (23.12%); Haemonchus - spp. (26.28%); Strongyloides spp. (16.08%); metacercorios de F. hepática (83.6%) y otros géneros más en menor porcentaje (18).

La descarga de estas aguas en las corrientes superficiales y su uso directo en la producción agropecuaria provocan la -

contaminación de los almacenamientos superficiales y subterráneos, con la consecuente introducción de elementos tóxicos a la cadena alimenticia, lo cual no se ha cuantificado bien debido a lo dinámico del flujo de este recurso (11).

Entre los principales problemas relacionados con el recurso agua de este sector, podemos citar: a) la sobreexplotación de los mantos acuíferos, b) pérdida de agua por el mal manejo de la vegetación (desforestación y sobrepastoreo), c) altas concentraciones salinas en el agua de riego y d) altos niveles de contaminación en las principales cuencas hidrográficas del país, como son las de los ríos: Pánuco, Lerma, Santiago, Balsas, Blanco, Grijalva, Papaloapan, etc., debido a que en sus cuencas se produce el 87% de la carga contaminante, concentran el 75% de la población, comprenden el 50% de las superficies de riego y reciben aguas con residuos del 90% de la producción industrial del país (11).

1.3.- Aspecto Económico

Actualmente se maneja que del volumen total de aguas residuales urbanas e industriales, el 18% corresponde a la zona sur; el 32% a la norte y el 50% a parte central del país; de éste total más de la mitad no recibe ningún tipo de tratamiento, es decir se vierte en el medio como agua contaminada (11).

En el caso del Valle de México, es necesario resaltar el hecho de que algunas industrias utilizan agua de buena calidad,

pudiendo utilizar, en ciertos procesos industriales, aguas parcialmente tratadas a un costo definitivamente menor. Por esto es conveniente implementar la política de la reutilización del agua en el Valle, traer agua de fuera del mismo potabilizarla y distribuirla tiene costos indudablemente más altos. Cabe señalar que uno de los aspectos más importantes de la política de reutilización del agua es el hecho de intercambiar agua potable o potabilizada por agua residual tratada. Asimismo, cabe destacar que un número considerable de industrias en el Valle de México, tienen sus propios pozos y contribuyen a la sobreexplotación de las aguas subterráneas del mismo (19).

2.- Antecedentes

2.1.- Clasificación de las Lagunas y sus Mecanismos

En países de America Latina y el Caribe, el término "Lagunas de Estabilización" ha sido usado preferentemente puesto que describe la función real de este proceso y al mismo tiempo incluye tanto Lagunas aerobias como anaerobias (22).

Existen varias formas de clasificar las Lagunas. De acuerdo con el contenido de oxígeno, pueden ser: anaerobias, aerobias y facultativas, si el oxígeno es suministrado artificialmente con aereación mecánica o aire comprimido, se denominan lagunas aereadas (22).

De acuerdo con el lugar que ocupan con relación a otros procesos, las lagunas pueden clasificarse como: "Primarias o de

Aguas Residuales Crudas", "Secundarias" si reciben afluentes de otros procesos de tratamiento y de "Maduración" si su propósito fundamental es reducir el número de organismos patógenos o su - empleo en cultivos de peces (22).

El término "Lagunas de Oxidación" fué empleado debido a que la gran cantidad de oxígeno producido por las algas a través de la fotosíntesis, es un factor predominante en el proceso de degradación. Sin embargo, el uso de este término es incorrecto puesto que existen otros procesos que intervienen en la bioestabilización de la materia orgánica como: la reducción por digestión que es igualmente importante en lagunas facultativas y predomiante en lagunas anaerobias (22).

Las lagunas aerobias, que han sido también referidos como fotosintéticas, son estanques de profundidad reducida (0.3m) y diseñadas para una máxima producción de algas. En estas lagunas se mantienen condiciones aerobias a todo nivel y tiempo; la reducción de materia orgánica es efectuada por acción de organismos aerobios. Estas unidades han sido utilizadas preferentemente para propósitos de producción y cosecha de algas y su uso en tratamiento de desechos no es generalizado (22).

Las lagunas anaerobias son estanques de mayor profundidad (2.5 a 4.0m) y reciben cargas orgánicas más elevadas de modo que la actividad fotosintética de las algas es suprimida, encontrándose ausencia de oxígeno en todos sus niveles. En estas - condiciones las lagunas actúan como un digestor anaerobio abierto, sin mezcla y debido a las altas cargas orgánicas que sopor-

tan, el efluente contiene un alto porcentaje de materia orgánica y requiere de otro proceso de tratamiento. En cuanto al mecanismo de degradación, éste es similar al proceso de contacto anaerobio con dos etapas bien diferenciadas que dependen del desarrollo de 2 grupos específicos de bacterias.

Si bien, las 2 etapas suceden simultáneamente, la primera, de fermentación ácida, es llevada a cabo por organismos formadores de ácidos que atacan las sustancias orgánicas y las transforman en compuestos orgánicos más simples y ácidos orgánicos; la segunda etapa es llevada a cabo por un grupo de organismos estrictamente anaerobios que utilizan los productos intermedios de la etapa anterior para producir gases como el metano, el bióxido de carbono y otros productos de degradación.

De los 2 grupos de microorganismos descritos los formadores de metano son muy sensibles a factores ambientales como el pH y la temperatura, la eficiencia del proceso depende de su desarrollo, que ocurre en poblaciones reducidas debido a que pierden gran cantidad de energía en la producción del metano (22).

Las Lagunas Facultativas son estanques de profundidades más reducidas (1.0 - 1.5 m) y su contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y hora del día. El oxígeno disuelto (O.D.) disminuye con la exposición solar y la profundidad en un estrato de "oxidación aerobia". Inmediatamente debajo está localizado un estrato de degradación anaerobia que opera con los mecanismos de degradación discutidos anteriormente. El mecanismo principal de las lagunas facultativas ocurre en el estrato superior y corresponde a una simbiosis o comensalismo de bacterias -

aerobias y algas. Las bacterias heterotróficas descomponen la materia orgánica produciendo compuestos inorgánicos solubles y bióxido de carbono. La cantidad de oxígeno requerido para esta degradación es suministrada principalmente por el proceso de fotosíntesis (22).

Las Lagunas de Maduración o de Pulimento son estanques utilizados como procesos de tratamiento terciario, diseñados con el propósito exclusivo de reducir los gérmenes patógenos. Las lagunas de estabilización han demostrado ser uno de los procesos más eficientes en la destrucción de gérmenes patógenos (22).

2.2.- Importancia Sanitaria de las Aguas Residuales

Puede considerarse, en términos generales, que los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales son de 3 tipos: físicos, químicos y biológicos, siendo los 2 primeros de origen casi exclusivamente industrial y el último urbano o municipal o más propiamente, de desechos domésticos. Por agentes biológicos, en este caso, se entiende a todos aquellos organismos que tengan algún efecto sobre las personas, plantas y animales que sean expuestos a ellos por cualquier mecanismo.

El agua residual doméstica puede acarrear un gran número de patógenos cuyo origen es básicamente de las excretas de personas y animales infectados, que son descargados a los sistemas de alcantarillado o en las corrientes de agua. El escurrimiento superficial del agua de lluvia también resulta en descarga de pató

genos de mamíferos y aves a los sistemas de alcantarillado; las descargas de rastros de aves y semovientes también contribuyen a la carga de patógenos a las aguas residuales (15).

Ya se ha enfatizado sobre el riesgo de utilizar las aguas residuales domésticas, sin previo tratamiento, en la agricultura, básicamente por la sobrevivencia de los organismos patógenos. En 1978, Ramírez (15), señaló los siguientes datos de sobrevivencia para huevecillos de Helmintos, los de Necator americanus y Ancylostoma duodenale sobreviven el suelo pro 6 a 12 semanas (con la duración mayor a 15°C), pero la luz solar directa provoca su desecación completa en 5 días, por lo que las áreas sombreadas los favorecen, en las aguas residuales sólo 10% de ellos, sobreviven hasta 12 semanas.

Asimismo indicó que estudios realizados con huevecillos de Ascaris lumbricoides mostraron que estos eran viables hasta 5 ó 6 meses cuando estaban cubiertos por una capa de suelo durante el invierno; además de que son extremadamente resistentes al intemperismo y al ataque químico, pues tienen una cubierta gruesa que los protege contra la desecación. Los huevecillos inmaduros permanecen viables después de 7 a 8 meses en el laboratorio, pero la insolación fuerte y directa evita su desarrollo inactivándolos finalmente.

Este mismo autor muestra el siguiente cuadro de supervivencia para Helmintos patógenos.

Patógenos	Agua Residual (a)	Suelo (b)
Huevecillos de *Ascaris lumbricoides* 8-24 unidades/lt	210 días	150 días
Huevecillos de otros Helmintos 59 - 80 unidades/lt	84 días	40-84 días

(a) Dependiendo de la temperatura
(b) Dependiendo de la temperatura y humedad del suelo.

Cabe señalar que la concentración y supervivencia reportada en la literatura es variable, debido a las diversas morbilidades y condiciones ambientales en las diferentes comunidades donde se realizan los estudios.

Sin embargo, en términos generales se ha encontrado que la mayoría de los agentes causales desaparecen o se inactivan después de varias semanas de exposición a la intemperie. Por esto, en los terrenos de cultivo que se riegan con aguas residuales domésticas, existe la recomendación de dejar transcurrir cuando menos un mes sin aplicar aguas residuales antes de cosechar los frutos, especialmente si éstos se consumen crudos. No obstante, la mayoría de las veces éstas precauciones no se apli

can o no son suficientes para evitar la transmisión de ciertos patógenos.

En el siguiente cuadro se incluyen los grupos de organismos patógenos que de acuerdo con Yáñez (21), son los de mayor importancia sanitaria en las aguas residuales; lo cual en cierta medida es indicativo del riesgo potencial que éstas representan para la salud pública.

Organismos de Mayor Significado Sanitario en Esquemas de Reuso de las Aguas Residuales

Organismos	Enfermedad que Producen	Reservorio
I. Bacterias:		
Salmonella (1700 tipos	Fiebre Tifoidea	Hombre, animales silvestres y domésticos
S. paratyphi (A.B.C.)	Fiebre Paratifoidea	
S. typhi	Fiebre Tifoidea	
Shigella (4 especies)	Disentería bacilar	Hombre
Escherichia coli (patógena)	Gastroenteritis	Hombre y animales domésticos
II. Virus:		
Enterovirus (67 tipos)	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, parálisis, meningitis, etc.	Hombre y algunos animales inferiores
Rotavirus	Gastroenteritis, diarreas infantiles	Hombre y animales domésticos
Reovirus (3 tipos)	Hepatitis infecciosa	Hombre, primates.
Adenovirus (31 tipos)	Infecciones respiratorias, conjuntivitis	Hombre
III. Protozoarios:		
Balantidium coli	Balantidiasis	Hombre, cerdo
Entamoeba histolytica	Amibiasis	Hombre
Giardia lamblia	Giardiasis	Hombre, animales silvestres y domésticos

...

IV. Helmintos:

Nemátodos:

Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Hombre, cerdo
Ancylostoma duodenale	Ancylostomiasis	Hombre
Necator americanus	Necatoriasis	Hombre
Enterobius vermicularis	Enterobiasis	Hombre
Strongyloides stercolaris	Estrongiloidiasis	Hombre, perro
Trichura trichiura	Tricosefalosis	Hombre

Céstodos:

Taenia saginata	Teniasis	Hombre, reses
Taenia solium	Teniasis	Hombre, cerdo
Hymenolepis nana	Teniasis	Hombre, rata
Diphillobothrium latum (2 hospederos)	Difilobotriasis	Hombre, mamíferos

Tremátodos:

Fasciolopsis buskii	Fasciolopsiasis	Hombre, cerdo, perro
Clonorchis sinensis	Clonorquiasis	Hombre, gato, perro
Paragonimus (5 tipos)	Paragonimiasis	Hombre, cerdo, gato.
Schistosoma (3 tipos)	Esquistosomiasis	Hombre y primates

El Phylum Nemathelmintos incluye además varios parásitos facultativos de forma cilíndrica, tamaño variable y usualmente con aparato digestivo.

2.3.- Remoción de Patógenos

La eliminación de organismos patógenos de las aguas residuales tratadas, varía dependiendo del mecanismo de acción del sistema de tratamiento que se esté empleando y de la naturaleza misma del patógeno, así tenemos que para el caso de las lagunas de estabilización pueden ser varios los factores que intervienen para la remoción de patógenos, por ejemplo: la profundidad del estanque, el tiempo de detención, si es aereada, aerobia, anaerobia, o facultativa, la composición y concentración de las aguas residuales, etc., para el caso de otros sistemas como la digestión anaerobia, lodos activados, cloración de efluentes, filtros entre otros, depende del proceso físico o químico que opere en el sistema.

En cuanto a la naturaleza de los microorganismos, tiene que ver de manera importante su capacidad de formar estructuras de resistencias como: esporas, quistes, huevecillos con cutículas fuertes, o bien como el caso de algunos Helmintos que puedan completar su ciclo biológico en forma libre con estados larvales tolerantes a ciertas condiciones del medio, etc.

En 1959 Kabler (9), reportó algunos datos de remoción de patógenos para distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales; menciona que los filtros de goteo reducían los huevecillos de algunos Plathelmintos de 18 a 26%, aunque de Taenia saginata alcanzan de 62 a 70% de remoción; en observaciones experimentales los huevecillos de Ascaris lumbricoides, Ancylos

toma caninum y Toxoascaris leonina se redujeron de 70 a 76%, - en cambio los quistes de Entamoeba histolytica se eliminaron de 88 a 99%.

En el sistema de lodos activados los resultados son variables, mientras Bhaskaram et al. (en 9) reportan que los huevecillos de Ascaris, Trichuris y acantocéfalos tuvieron reducciones de 93-98, 91-100 y 81.5 - 96% respectivamente; en otros estudios se encontraron que los huevecillos de T. saginata, A. lumbricoides, Ancylostoma caninum, Toxoascaris leonina y quistes de E. histolytica no fueron removidos por el tratamiento; - asimismo, Jones et al. (en 9) encontraron que el aereador es un excelente medio incubador para Schistosoma japonicum cuyos miracidios móviles aparecen en el efluente en gran cantidad.

La digestión anaerobia fue comparativamente ineficaz en la inactivación de huevecillos de parásitos; pues la concentración de éstos, se redujo muy lentamente y estuvieron presentes en cantidades significativas después del tratamiento. Además - se han encontrado huevecillos viables después de la digestión - por períodos tan largos como 3 a 6 meses (9).

En la cloración de efluentes se ha observado que los - huevecillos de parásitos son muy resistentes a la cloración y - que son removidos más eficientemente por la sedimentación y la filtración lenta. Los miracidios de S. japonicum fueron muertos por cloro residual de 0.2 - 0.4 mg/lt/30 min. y los de S. - mansoni por 0.2 - 0.6 mg/lt/30 min.; en cambio los huevecillos

de estas mismas especies fueron más resistentes, requiriendo 30 minutos de exposición a cloro residual de 4 - 11 mg/lt (9).

Con los estanques de estabilización se supone que los huevecillos de Helmintos parásitos pueden ser removidos efectivamente por sedimentación. Hodgson (en 21) evaluó las lagunas de estabilización respecto a la destrucción de huevos de parásitos. Observó que el desecho crudo contenía Ancylostoma duodenale, huevos de S. mansoni, Enterobius vermicularis y quistes de Giardia lamblia mientras que el efluente, es decir la salida del estanque, no contenía estos organismos. Este mismo autor encontró que las lagunas proveían de condiciones favorables para controlar la diseminación de Bilhargia haematobium a través de la eliminación del caracol y hospedero intermediario. Sin embargo, las lagunas aerobias o facultativas con períodos de retención de 8 hrs. no presentan condiciones ideales para impedir el desarrollo del huevo de S. mansoni; por lo que recomiendan la inclusión de lagunas anaerobias en vista de que el ambiente libre de oxígeno afecta la viabilidad de los miracidios y el caracol. Lakshminarayana y Abdulappa (en 21), reportan datos de reducción de Helmintos en las lagunas de Bhandewodi, India; éstas son 3 lagunas en serie con permanencia de 2.6 días en cada una, las cuales indican que se necesitan períodos de más de 6 días para la remoción completa de huevos. El género Ancylostoma puede evolucionar el estado larval y ser transportado a efluentes secundarios y terciarios. La sedimentación de huevos viables ocurre sólo en las lagunas primarias. Este mecanismo

es el responsable de la remoción de E. histolytica en lagunas - con largos períodos de detención.

En el estudio que realizaron Mott et al. en 1981 (7) se observa la importancia de la sedimentación (mecanismo que opera en las lagunas de estabilización) para la depuración de Helmintos, especialmente nemátodos, en el proceso de tratamiento de - aguas. Se estudiaron comparativamente 3 plantas de tratamiento una, la mayor, incluía: precloración, coagulación, sedimentación, filtros rápidos de arenas, poscloración y fluoración, (el tiempo de retención para la sedimentación fue de 8 horas).

Las otras 2 plantas incluían: coagulación, cloración y filtración a través de filtros de presión de arena y grava con antrofil.

Se encontró que la planta más grande tenía eficiencia - de reducción de más del 95% y nunca bajó de 70% a diferencia de las otras plantas donde la reducción fue menor de 50%. Es evidente que la precloración, poscloración y los filtros de gravedad influyen de manera importante para aumentar la eficiencia - en la depuración de los nemátodos; sin embargo, los autores consideran que el factor más grande para la reducción de estos organismos fue el proceso de sedimentación, ésto por la gran diferencia, en la densidad de los nemátodos, entre la muestra de - agua del río, tomada al entrar al canal y aquellas del estanque de pretratamiento. Asimismo, señalan que Faulkner y Bolander - en 1970 encontraron una marcada reducción en la concentración - de nemátodos entre el afluente y el efluente del "Patholes -

Reservoir" de Washington, ya que éste actuaba como estanque de sedimentación.

Finalmente sugieren 2 aspectos importantes a considerar en las plantas de tratamiento que usan una fuente de agua infestada por nemátodos.

a) La incorporación de un estanque de sedimentación para la retención del agua no tratada antes de entrar a la planta propiamente. Esto, por el marcado descenso después de la sedimentación en el canal receptor de la planta mayor.

b) Si los niveles de infestación son muy altos, la precloración fuerte debe ser usada, pues reduce la movilidad de los nemátodos incrementando por esto la eliminación por sedimentación, floculación y retención por filtros.

Cabe agregar aquí, que la cloración generalmente no es satisfactoria para la inactivación de huevos de parásitos, para éstos la sedimentación por algunas horas produce un porcentaje alto de remoción (9).

Se entiende que los sólidos derivados de la sedimentación primaria, lodos de los filtros de goteo, lodos activados y procesos de digestión pueden contener gran cantidad de parásitos, bacterias y virus, por lo que es necesario secarlos antes de utilizarlos por ejemplo en la fertilización de terrenos agrícolas; en el caso de los huevos de Helmintos es necesario secar los lodos a niveles muy bajos de humedad para destruir completamente su viabilidad (9).

3.- Importancia y Alcance del Estudio

Es necesario señalar aquí, que este trabajo no pretende determinar y/o evaluar los riesgos y efectos en la salud pública, del reuso de las aguas residuales, obviamente para esto se requeri - ría contemplar aspectos muy amplios como los epidemiológicos y - sociológicos con todos los procedimientos que implican (21); en este sentido su alcance es limitado, ya que sólo se considera la cuestión microbiológica y aún así, parcialmente. Sin embargo la importancia del trabajo por sí solo es comprensible, pues el hecho de disponer de conocimientos acerca de la presencia y depuración de algunos organismos patógenos en el sistema de Lagunas de Estabilización, implica un avance en muchos sentidos, ejemplo:

a) Conociendo la eficiencia de este sistema para la remoción de patógenos, se puede definir con precisión, las actividades en donde pueden ser utilizadas las aguas residuales sin riesgos de efectos indeseados, en base a la calidad de los efluentes.

b) Obtener algunos elementos que permitan decidir la utilización de este sistema, sobre todo con aguas residuales domésticas, en regiones donde las enfermedades parasitarias sean relevantes.

c) Proporcionar indirectamente algunos indicios sobre el estado sanitario de la comunidad, ésto por la relación causa efecto que se establece con la presencia de ciertos organismos patógenos y las correspondientes enfer-

medades que producen.

d) En cierta medida contribuye también a conocer un aspecto más del comportamiento de las Lagunas de Estabilización, lo cual es de gran importancia para entender mejor la dinámica de estos sistemas en algunas regiones del país, y

e) En general, como apoyo para otros estudios más extensos que pudieron realizarse en la región con respecto al reuso de las aguas residuales domésticas para distintos fines.

4.- Objetivos

Ante la evidente necesidad de disponer de un sistema de tratamiento de aguas residuales a fin de poder utilizarlos en actividades básicas como la agricultura, ganadería u otras, con un riesgo menor y si es posible nulo de transmisión de enfermedades, se cuenta con una alternativa viable para este problema, en el poblado de Sto. Tomás Atzingo, Edo. de México, donde se diseñaron y construyeron dos lagunas de estabilización, en una de las cuales se realizó este trabajo.

En base a lo ya mencionado, el objetivo principal de este trabajo es:

- Estimar la eficiencia depuradora de huevos y larvas de helmintos parásitos, en una de las lagunas de estabilización, localizada en Sto. Tomás Atzingo, Edo. de México.

- Como objetivo complementario, se pretende establecer la relación entre la incidencia de huevecillos y larvas con la época del año, con un factor que pueda tener significado en la operación de la laguna.

En términos generales, para estimar la eficiencia de una planta de tratamiento en la remoción de Helmintos se debe examinar la reducción en números entre muestras de agua cruda (sin tratar) y tratada (7).

Dado que esta laguna recibe aguas de desechos domésticos se espera que éstos contengan microorganismos patógenos como bacterias, protozoarios y helmintos parásitos; sin embargo, en este trabajo sólo se consideraron éstos últimos, no porque los primeros carezcan de importancia sino por cuestiones de limitación del propio trabajo.

C A P I T U L O II

M E T O D O L O G I A

1.- Descripción del área de estudio

1.1. Localización

El estanque de estabilización, objeto de estudio, se encuentra ubicado en el poblado de Sto. Tomás Atzingo, que pertenece políticamente al municipio de Tlalmanalco de Velázquez en el Estado de México; su localización aproximada es a los 19°10' de Latitud N y 98°45' de Longitud W con una altitud de 2,480 msnm (17).

Las características de dicho estanque son: forma rectangular de 41.80 m de largo x 14.60 m de ancho, con una profundidad promedio de 1.5 m. Se construyó en 1980 para tratar aguas residuales domésticas como estanque de estabilización facultativo, ubicándose en las afueras del poblado. Su tiempo de retención es de aproximadamente 12 días (5,10).

1.2. Clima

El clima predominante en la zona según la carta de climas del Detenal es el $C(W_2)$ (W), lo cual en parte concuerda con el que reporta la estación metereológica de San Rafael, la más cercana al lugar, que es el $C(W_2)$ (W) big, es decir Templado subhúmedo con lluvias en Verano, índice de humedad mayor de 55.3, temperatura media anual 12°.5 C y precipitación media anual de 1080.5

mm, porcentaje de lluvia invernal menor de 5, isotermal, tipo ganges, con verano fresco y largo (4).

1.3. Geología

La estructura geológica más importante de la zona de estudio es el volcán del Iztaccihuatl, cuyo origen se remonta al mioceno y está formada por una gruesa capa de andesita de hornblenda e hiperstena sobre un núcleo de dacita.

Específicamente el lugar corresponde a la serie volcánica Xochitepec que incluye las rocas más antiguas a lo largo de las laderas occidentales más bajas del Iztaccihuatl. Las rocas de esta serie son traquiandesitas de hornblenda de color claro y afloran al Este del poblado (1).

1.4. Hidrología

Casi todas las corrientes superficiales de la parte occidental del volcán, corren transversalmente, modificando su curso a medida que avanzan hacia los valles. Estas corrientes desembocan algunas, en el antiguo lago de Chalco y otras en el de Texcoco; pero la mayoría sólo llevan aguas durante la época de lluvias; los que desembocan en el lago de Chalco son: los arroyos de el Salto, de Tlalmanalco, de Santiago, de Chalma o de Barranca Honda, el río Tomacoco, el río Grande o de Hueyatla, los tres últimos se unen al poniente de Amecameca para formar el río del mismo nombre y desaguar des-

pués en el lago de Chalco (1).

1.5. Población

Hasta 1980 Sto Tomás Atzingo, contaba con 1200 habitantes aproximadamente y desde 1970 cuenta con servicio de agua potable en tomas domiciliarias y desde 1974 con alcantarillado. Cuenta además con energía eléctrica, correo y autotransportes, la principal actividad económica es la agricultura, la tenencia de la tierra es ejidal con un total de 440 ha para 123 ejidatarios. Las aguas tratadas por el sistema de Estanques de Estabilización son empleadas para el riego de algunos terrenos de cultivo de alfalfa y maíz principalmente (10).

2.- Métodos

2.1.- Trabajo de campo

En períodos aproximados de 15 días se llevaron a cabo salidas al poblado de Sto. Tomás Atzingo con el propósito de recolectar muestras de aguas residuales que serían analizados en el Laboratorio. Los puntos de muestreo en la laguna fueron la entrada y salida de la misma por lo que las muestras de agua eran obtenidas con frascos de boca ancha de 1 lt de capacidad, directamente de los conductos que vierten el agua residual cruda a la laguna (entrada) y que la desaguen (salida). Sólo en los casos en que dichos conductos estaban obstruídos y el gasto era cero las muestras de agua se obtenían adentro de la laguna cerca de los puntos de entrada y salida. El volumen de agua residual colectada en cada punto de muestreo fue de 1 lt, no se utilizó ningún fijador, únicamente se colocaban los frascos perfectamente cerrado en hielo, y así eran transportados al laboratorio. En la laguna se tomaron algunos parámetros de control como la temperatura y el PH, esto para cada uno de los puntos muestreados.
Se realizaron en total 15 salidas al campo, en un período de 10 meses, comprendidos desde abril de 1983 hasta febrero de 1984.

2.2.- Trabajo de laboratorio

En el laboratorio las muestras se mantenían en refrigeración y se analizaron con métodos coproparasitoscópicos, aplicados en este caso a las aguas residuales. Cada muestra, de entrada y salida era examinada 3 veces con los métodos cualitativo y cuantitativo, esto con el propósito de que la información obtenida fuera más representativa.

2.2.1.- Técnicas empleadas

Para el exámen cualitativo se utilizó desde el principio del trabajo la técnica de Concentración por Flotación en sulfato de Cinc (en 12) adaptada como ya se dijo al análisis de aguas. Para la cuantificación de los Helmintos se probó inicialmente el método de Dilución de Stoll (12) que sin embargo, no dió buenos resultados, por lo que se optó por el método de Concentración por Sedimentación en éter etílico y formaldehído descrito por Ritchie; las técnicas empleadas fueron adaptadas al análisis de aguas (12,14).

2.2.2.- Identificación de los Organismos

Para la identificación de los huevos y/o larvas de los Helmintos se procedió a caracterizarlos morfológicamente (forma y tamaño) utilizando para las medicio-

nes un micrómetro ocular dispuesto en el microscopio. Cabe agregar que se midieron todos los organismos que se encontraron en las preparaciones, para que los datos fueran más confiables.

El contaje de huevos y/o larvas, se hizo directo, es decir, revisando sistemáticamente campo por campo de las preparaciones, contando todos los organismos presentes.

Finalmente, la diferencia en el número de especies y su densidad entre la entrada y salida del estanque, fue base para determinar la eficiencia de ésta en la depuración de los organismos.

3.- Algunas consideraciones sobre la Metodología.

Hay dos aspectos importantes que es necesario considerar acerca de la metodología en este trabajo, uno es de carácter muy general y de alguna manera ya se había mencionado en la Introducción. Se refiere a la relación que tendría este trabajo con otro tipo de estudios mucho más amplios, dirigidos a conocer y evaluar propiamente los riesgos para la salud pública del reuso de las aguas residuales; para lo cual sería necesario considerar además del aspecto microbiológico, el epidemiológico y el sociológico, que son los componentes principales en trabajos de esta naturaleza (21). Ciertamente, este tipo de proyectos integrales casi no se realizan en México, tal vez porque las metodologías existentes no sean adecuadas técnica y económicamente para el país, especial

mente los que se refieren a los aspectos sociológicos y epidemiológicos.

Aunque en este trabajo la cuestión microbiológica se trata parcialmente, es importante considerarlo e ir mostrando la necesidad de trabajar sobre los otros 2 componentes básicos en futuros estudios, con el fin de tener conocimientos más precisos - sobre los alcances e implicaciones ecológicas del reuso de las - aguas residuales.

El otro aspecto a considerar, se refiere concretamente a las técnicas empleadas en el análisis de las aguas en la laguna de Sto. Tomás, Atzingo. Aunque algunos autores recomiendan volúmenes mayores y otros métodos para el análisis microbiológico de las aguas residuales, en este trabajo se optó por aplicar las - técnicas coproparasitoscópicas, básicamente por tres razones: a) El manual del "Canadian Centre for Inland Waters" (en 22) recomienda dos métodos de concentración por Flotación y el de concentración por Sedimentación en Eter-formalina, que en principio - son los utilizados en este trabajo, b) Para cuestiones de rutina en el laboratorio son más prácticas y manejables y c) Por estar diseñados básicamente para los organismos que se están buscando, sus resultados deben reflejar la presencia de éstos, aún en aguas residuales y casi con el mismo grado de confiabilidad.

Ahora bien, aunque el método de Ritchie no está indicado como Cuantitativo propiamente, aquí se utilizó como tal, teniendo en cuenta dos factores fundamentalmente: 1º) Partiendo de un volúmen igual de agua para los análisis de todos los muestreos,

los resultados no podrían tener variaciones en función de este parametro, y 2º) Dado que las estructuras a observar se "concentran" en el sedimento, revisando la totalidad de éste, se asegura en gran medida el contaje de todos los huevos y/o larvas presentes en la muestra.

C A P I T U L O III

R E S U L T A D O S

Los helmintos encontrados en el presente estudio, fueron de 2 grupos: Nemátodos y Céstodos, el primero con 3 especies y el segundo representado por una sola especie, los resultados de la caracterización, cuantificación, distribución y remoción de los mismos a lo largo del estudio se presentan en los cuadros del 1 al 9.

Cuadro 1.- Dimensiones de los organismos hallados en la laguna de Sto. Tomás Atzingo.

Especie	Dimensiones ($\bar{x}$) halladas	
	Huevecillos (µm)	Larvas (µm)
Ascaris lumbricoides	48.0 x 67.2	
Strongyloides stercolaris	33.6 x 51.2	235.2 x 19.2
Uncinarias	38.4 x 57.6	265.0 x 21.6
Hymenolepis nana	37.2 x 39.6	

Las dimensiones presentadas en este cuadro corresponden al promedio para cada una de las especies.

Cuadro 2.- Helmintos encontrados en el afluente.

MUESTREO	FECHA	ESPECIES	CANTIDAD HUEVOS	LARVAS	TOTAL
1º	25/IV/83	A. Lumbricoides	9		9
		Uncinarias	18		18
		S. stercolaris		8	
2º	09/ V/83	Uncinarias	1		1
		S. stercolaris		1	1
3º	23/ V/83	A. Lumbricoides	1		1
4º	14/VIII/83	Uncinarias	6		6
		S. stercolaris		1	1
5º	22/VIII/83	Uncinarias	3		3
		S. stercolaris		3	3
6º	05/IX/83	H. nana	43		43
7º	19/IX/83	S. stercolaris		4	4
		H. nana	62		62
8º	03/ X/83	S. stercolaris		2	2
		Uncinarias	6	1	1
		H. nana	11		11
		A. lumbricoides	1		1
9º	24/ X/83	S. stercolaris		2	2
		Uncinarias	4		4
10º	07/XI/83	S. stercolaris		23	23
		Uncinarias	36		36
		H. nana	2		2
11º	21/XI/83	S. stercolaris		25	25
		Uncinarias	34		34
		H. nana	154		154
12º	06/XII/83	S. stercolaris		7	7
		H. nana	115		115
13º	16/ I/84	S. stercolaris	29	6	35
		H. nana	1		1
14º	30/ I/84	S. stercolaris	21	6	27
		H. nana	1		1

Continuación:...

Cuadro 2.- Helmintos encontrados en el afluente

MUESTREO	FECHA	ESPECIES	CANTIDAD HUEVOS	LARVAS	TOTAL
15º	13/II/84	S. stercolaris		10	10
		Uncinarias	34		34
		H. nana	6		6
		A. lumbricoides	5		4
		Total de Organismos	603	99	702

Cuadro 3.- Abundancia y Frecuencia absolutas por especies en el Afluente (se incluyen huevos y larvas).

MUESTREO	A. LUMBRICOIDES	S. STERCOLARIS	UNCINARIAS	H. NANA
1º Primavera	9	8	18	
2º "		1	1	
3º "	1			
4º Verano		1	6	
5º "		3	3	
6º "				43
7º "		4		62
8º Otoño	1	2	7	11
9º "		2	4	
10º "		23	36	2
11º "		25	34	134
12º "		7		115
13º Invierno		35		1
14º "		27		1
15º "	5	10	34	6
Frecuencia absoluta	4	13	9	9
Abundancia absoluta	16	118	143	395

Cuadro 4.- Abundancia y Frecuencia relativas por grupos y especies en el afluente.

Total de Muestreos	Grupo de Helmintos	Especies	Abundancia Relativa	Frecuencia Relativa
	Nemátodos	S. stercolaris	21.08 %	37.14 %
		A. lumbricoides	2.28 %	11.43 %
15		Uncinarias	20.37 %	25.71 %
	Céstodos	H. nana	56.27 %	25.71 %
			100.00	100.00

Cuadro 5.- Helmintos encontrados en el efluente.

MUESTREO	FECHA	ESPECIES	CANTIDAD HUEVOS	LARVAS	TOTAL
5º	22/VIII/83	S. stercolaris		1	1
12º	06/XII/83	S. stercolaris		3	3
		H. nana	49		49
13º	16/ I/84	S. stercolaris		1	1
14º	30/ I/84	S. stercolaris		1	1
		Total de Organismos	49	6	55

Cuadro 6.- Abundancia y Frecuencia Absolutas por especies en el efluente (se incluyen huevos y larvas).

MUESTREO	S. STERCOLARIS	H. NANA
5º	1	
12º	3	49
13º	1	
14º	1	
Frecuencia Absoluta	4	1
Abundancia Absoluta	6	49

Cuadro 7.- Abundancia y Frecuencia Relativas por Grupos y Especies en el efluente.

TOTAL DE MUESTREOS	GRUPO DE HELMINTOS	ESPECIES	ABUNDANCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA
3	Nemátodos	S. stercolaris	10.91 %	80%
1	Céstodos	H. nana	89.09 %	20%
4			100.00	100.00

Cuadro 8.- Remoción de huevos y larvas a lo largo del estudio.

MUESTREO	ENTRADA HUEVOS	ENTRADA LARVAS	SALIDA HUEVOS	SALIDA LARVAS	REMOCION (%) HUEVOS	REMOCION (%) LARVAS
1	27	8			100	100
2	1	1			100	100
3	1				100	100
4	6	1			100	100
5	3	3		1	100	66.6
6	43				100	100
7	62	4			100	100
8	18	3			100	100
9	4	2			100	100
10	38	23			100	100
11	188	25			100	100
12	115	7	49	3	47.4	57.4
13	30	6		1	100	47.4
14	22	6		1	100	100
15	45	10			100	100
TOTALES:	603	99	49	6		

Cuadro 9.- Remoción de Helmintos totales a lo largo del estudio.

MUESTREO	ESTACION	AFLUENTE	EFLUENTE	REMOCION (%)
1	Primavera	35		100
2	Primavera	2		100
3	Primavera	1		100
4	Verano	7		100
5	Verano	6	1	83.3
6	Verano	43		100
7	Verano	66		100
8	Otoño	21		100
9	Otoño	6		100
10	Otoño	61		100
11	Otoño	213		100
12	Otoño	122	52	57.3
13	Invierno	36	1	97.2
14	Invierno	28	1	96.4
15	Invierno	55		100
TOTAL		702	55	92.16

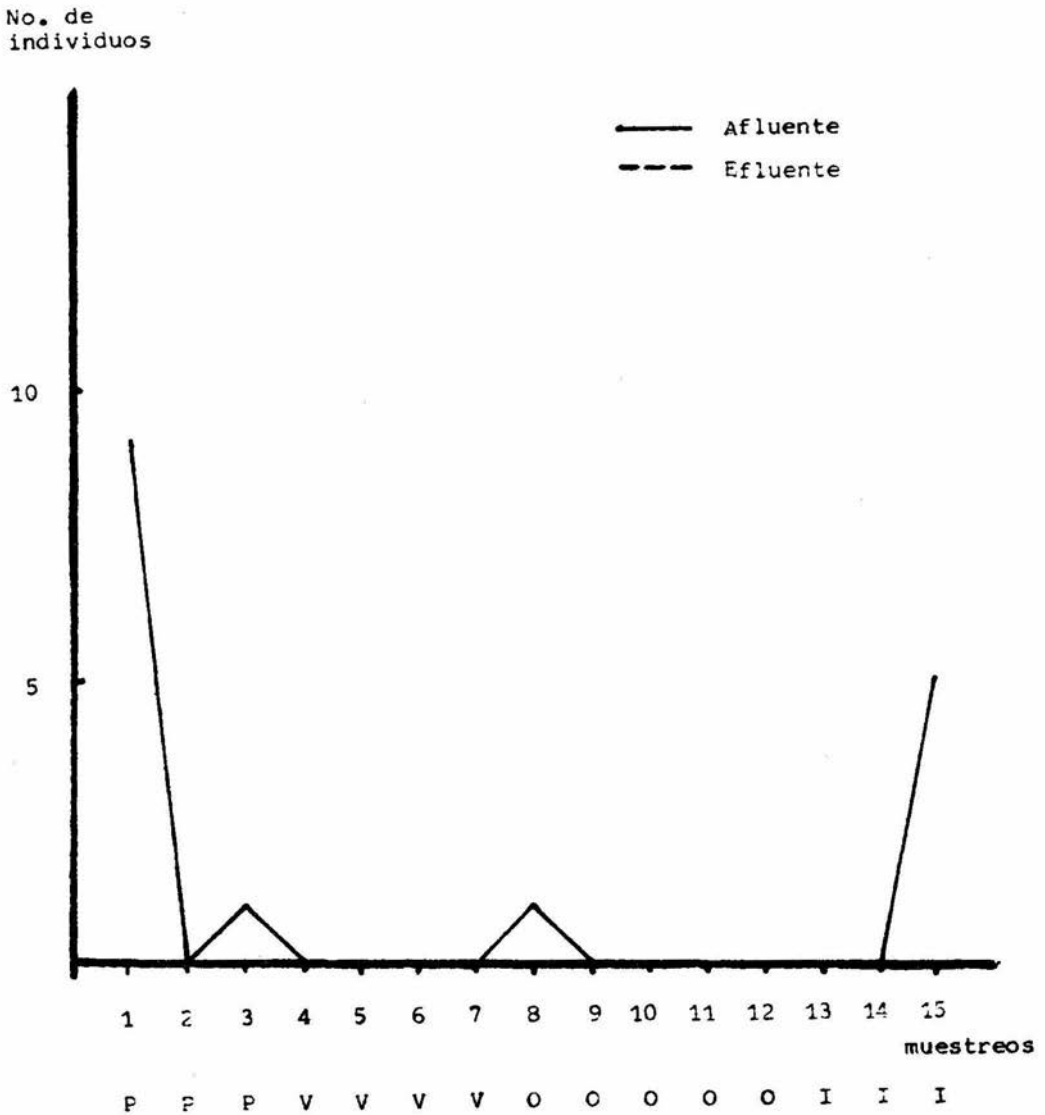
Análisis de Resultados

Como puede apreciarse en el cuadro No. 2 la diversidad de helmintos presentes en la Laguna no es muy grande, pero sí considerable, no sólo por su patogenicidad potencial sino también por lo constante de su presencia a lo largo del estudio, pues si bien hay variaciones en cantidad y estructura de cada una de las especies en los muestreos, la persistencia de los mismos durante todo el período estudiado es un factor considerablemente importante para los fines de este trabajo.

Es de suponerse que las variaciones se deben a factores intrínsecos de cada especie, es decir, a características específicas de sus ciclos de vida que condicionan su presencia o ausencia en cualquiera de los muestreos, lógicamente no se descarta la influencia del medio físico así como la composición misma de las aguas residuales.

En el caso de Ascaris lumbricoides se observa que su presencia en la laguna no es muy relevante (figura 1), esto indica que no es un parásito muy significativo en la comunidad, pues siendo tan prolífico (aproximadamente 200,000 huevos/día, según Beck y Davies) sus huevecillos no se encontraron en abundancia y/o frecuencias considerables en el afluente (cuadros 3 y 4). Este "comportamiento" de A. lumbricoides no muestra ninguna relación con la estación del año, es decir, con las condiciones del medio, pues la época más "propicia" para su diseminación, que es el verano por la humedad y el calor disponibles en el medio,

Figura 1.- Presencia de Ascaris lumbricoides en los 2 puntos de Muestreo



prácticamente no apareció; en otras palabras, dado que su transmisión es estacional se esperaría que en el verano aumentara sustancialmente la cantidad de huevecillos en el afluente, lo cual no ocurrió sino al contrario, fueron los muestreos donde no hubo ningún organismo de esta especie. Quizás por el bajo nivel de infección que presenta como parasitosis su eliminación y transmisión sea más bien casual y no precisamente estacional como se espera cuando hay un alto grado de infestación. Por otro lado, es casi seguro que su escasa presencia en el afluente, determina su nula aparición en la salida del estanque.

Puede pensarque que en tiempos pasados esta parasitosis haya sido importante, sin embargo, es posible que la interrupción de su ciclo de vida por la eliminación de huevecillos a través de este sistema, esté determinando su desaparición paulatina en la región, tomando en cuenta lo enunciado por Biagi en 1981 (2), que "si se suspendiera la transmisión más de un año, la Ascariasis desaparecería porque el parásito adulto muere y se suspendería la fuente de infección, que es el hombre a través de sus materias fecales."

Las Uncinarias junto con Strongyloides stercolaris fueron los parásitos más representativos de los Nemátodos y tal vez debido a su afinidad biológica tuvieron un comportamiento similar en cuanto a su presencia en el afluente. Se observan aumentos en la cantidad de estos parásitos a fines de otoño y principios de invierno (cuadro 3) cuando las bajas temperaturas y la escasa humedad del medio no son muy propicias para sus fases lar

varias, sin embargo, su "comportamiento" es entendible si se consideran como parasitosis más establecidas que la Ascariasis; en el período de otoño-invierno tienen apariciones más o menos abundantes en 3 muestreos cuando menos (figura 2 y 3), esto indica que su transmisión es más definida al menos en lo que respecta a la época del año. Esta cuestión no debe perderse de vista, pues puede tomar significado en la eficiencia de remoción de la laguna principalmente para el caso de S. stercolaris que por su fase larvaria más resistente y su naturaleza facultativa logra aparecer en el efluente qunque en cantidades pequeñas; este no es el caso de las Uncinarias que según se observa son eliminadas en su totalidad por la laguna (cuadro 5).

La situación de Hymenolepis nana se contrapone a la de éstos parásitos, pues éste, siendo el único representante de los Céstodos, superó en abundancia a los Nemátodos en su conjunto y representó más del 50% del total de organismos hallados en este trabajo, a pesar de su menor frecuencia (cuadro 4).

Los huevecillos de este helminto aparecieron prácticamente a mediados del verano y en cantidades considerables, su abundancia aumentó fuertemente a fines del otoño, lo cual puede estar indicando cierta afinidad con las condiciones del otoño para su diseminación, esta suposición es más por las cantidades tan altas encontrados que por el número de muestreos en que esto ocurrió, por lo que debe tomarse con reserva. En lo que se refiere a la remoción, se observa una relación "aparente" entre la cantidad de organismos hallados en el afluente y los que aparecen en el

Figura 2.- Presencia de Strongyloides stercolaris en los 2 puntos de muestreos

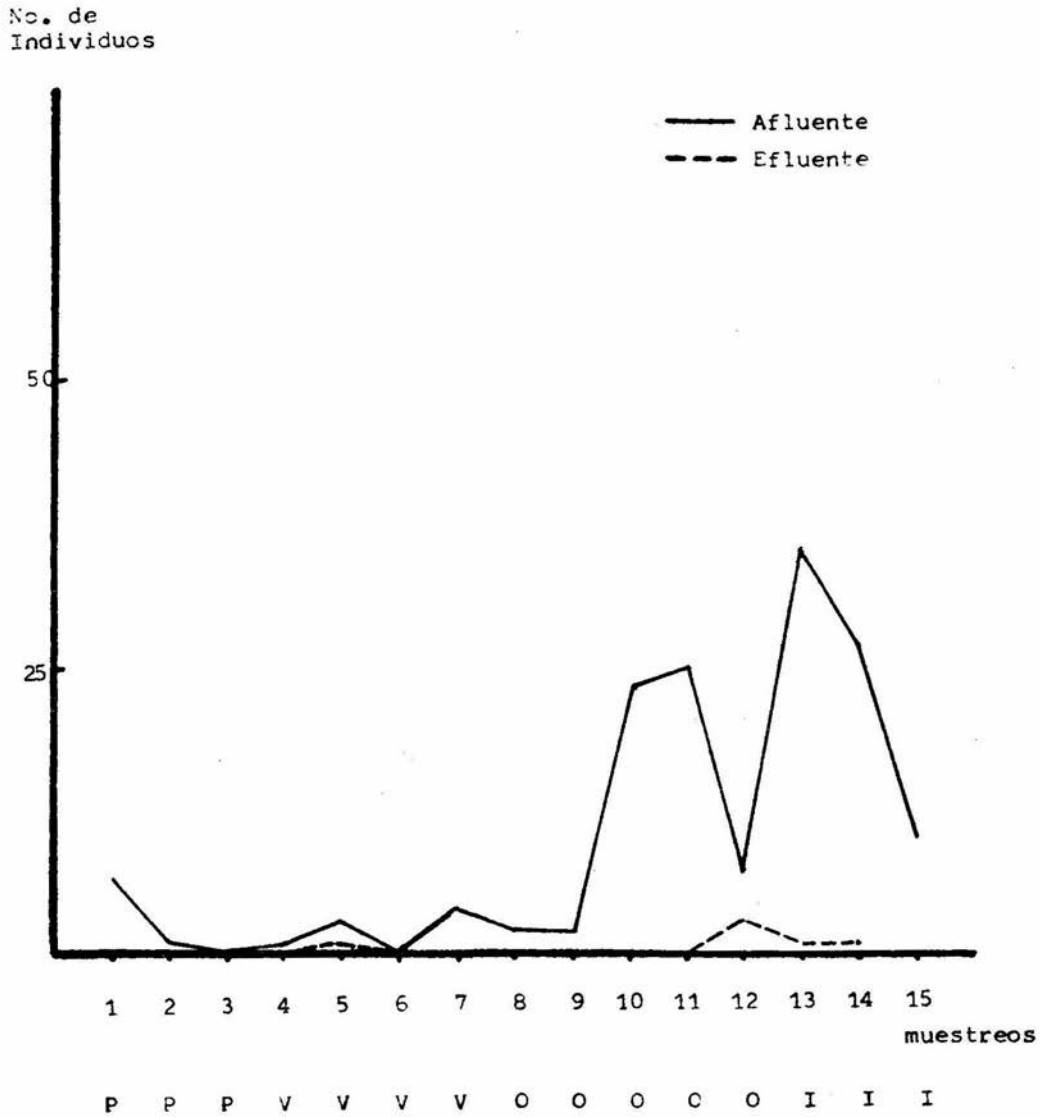
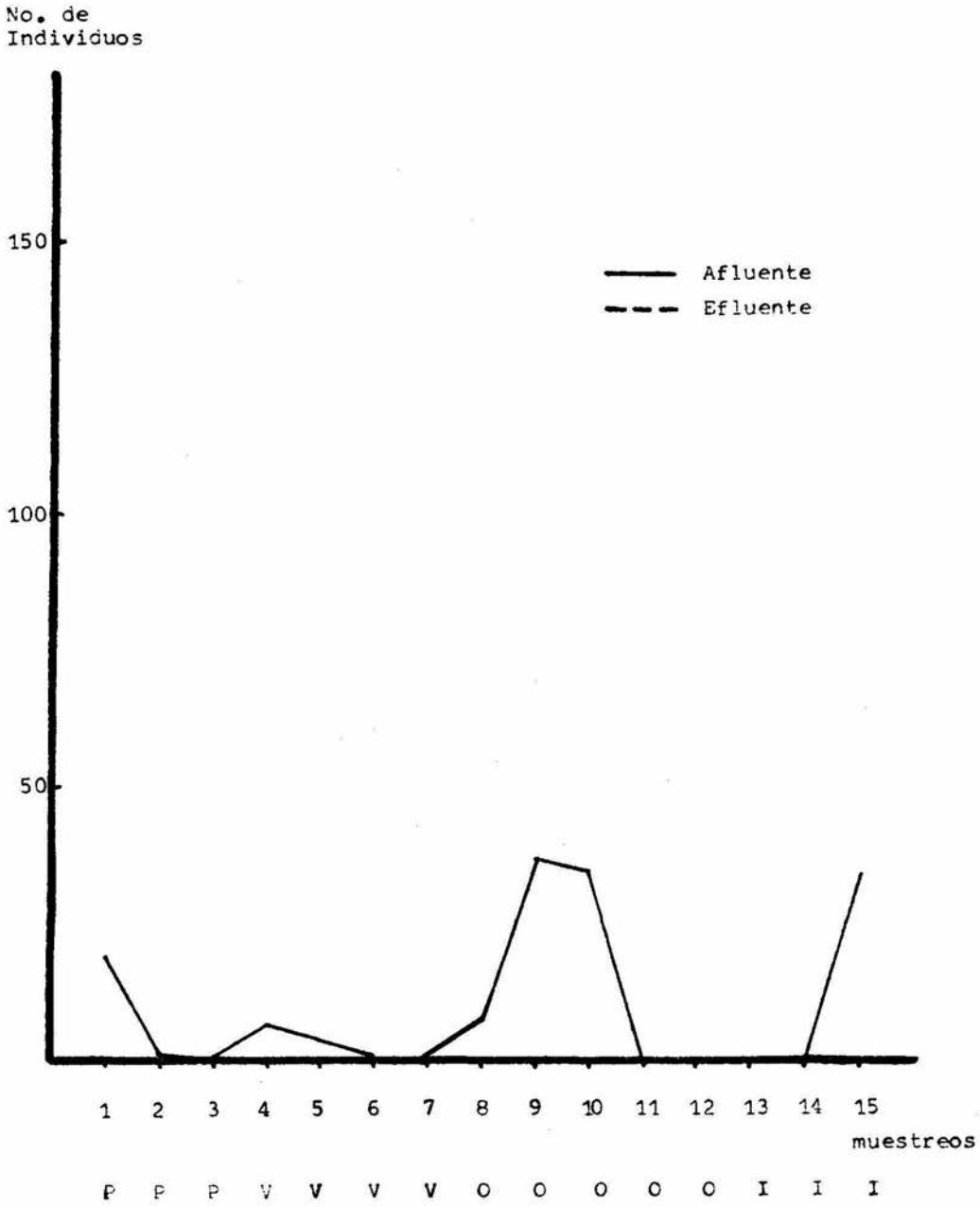


Figura 3.- Presencia de Uncinarias en los 2 puntos de muestreo



efluente, sin embargo esta relación habría que definirla con más precisión en función de otros factores importantes como: el tiempo de detención, sólidos suspendidos, materias flotantes, incluso características más propias de los huevecillos como son: peso específico, afinidad, etc., dado que estos factores juegan un papel importante la eliminación de estos organismos.

En última instancia, es conveniente considerar el porcentaje de remoción de estas estructuras en función de su cantidad en el afluente para fines de evaluación de la remoción.

La presencia de Helmintos en el efluente, puede decirse que no fue muy variada ni muy abundante, y el único Helminto que presentó una constancia muy notable fué Strongyloides stercolaris que se encontró en el efluente 4 de las 15 veces que éste se muestreó aunque en número muy reducidos; lo contrario ocurrió con Hymenolepis nana que sólo se encontró 1 de 15 veces en el efluente pero con una abundancia mayor, evidentemente más alta que S. stercolaris, esto se observa claramente en su abundancia y frecuencia relativas (cuadros 5, 6 y 7).

Cabe resaltar que la cantidad y presencia de estos organismos en el efluente, no coincide precisamente con los muestreos donde fueron más abundantes en el afluente, es decir, no se observa una relación consistente entre estos 2 puntos (cuadros 8 y 9); de ambos parásitos tal vez del que "justifica" más su presencia en el efluente es S. stercolaris, porque en todos los casos se encontraron larvas y no huevecillos, aquellas por su capacidad para moverse podrían haberse mantenido flotando en el es

tanque y fueron arrastradas hasta el efluente donde fueron detectadas en estos casos.

Aunque a su tiempo de permanencia y sobrevivencia en la laguna depende básicamente de condiciones favorables, de temperatura sobre todo. Por ser esta especie un parásito facultativo, es decir, con capacidad de completar su ciclo de vida en forma libre; debe considerarse este aspecto al decidir el uso que va a tener el efluente.

La presencia de huevecillos de Hymenolepis nana en la salida de la laguna en el último muestreo de otoño (12º), debe considerarse de una manera especial, primero por la cantidad de huevos encontrados y segundo porque en el muestreo inmediato anterior (11º) había presentado la mayor abundancia en todo el estudio (figura 4); lo anterior permite hacer 2 suposiciones: a) que los huevecillos pudieron ser arrastrados hasta la salida de la laguna, tal vez adheridas a algún sustrato flotante, como serían algunas algas filamentosas o simplemente restos de materia orgánica suspendida, y b) que el tiempo de Detención haya sido insuficiente para lograr la remoción completa de estos organismos en la laguna, ésta última opción se refuerza un poco si se observa que justamente en el último muestreo de otoño, también se presentó la mayor cantidad de larvas de S. stercolaris en el efluente. (figura 2).

En términos de remoción las estructuras que presentaron los porcentajes más altos fueron los huevecillos, con una eliminación global de 91.87%, la cual es considerablemente alta, si

Figura 4.- Presencia de Hymenolepis nana en los 2 puntos de muestreo

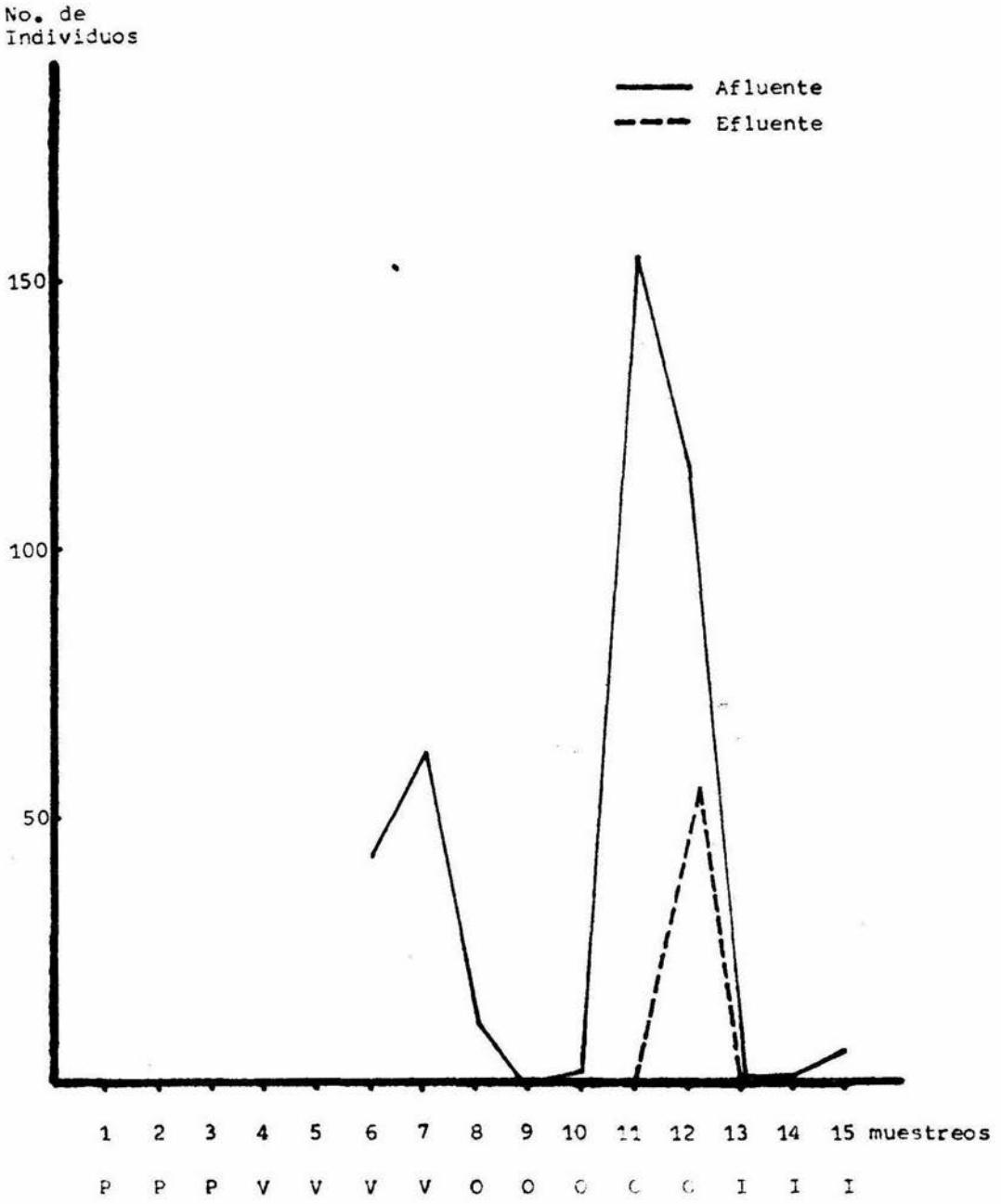


Figura 5.- Presencia de Huevecillos en los 2 puntos de muestreo

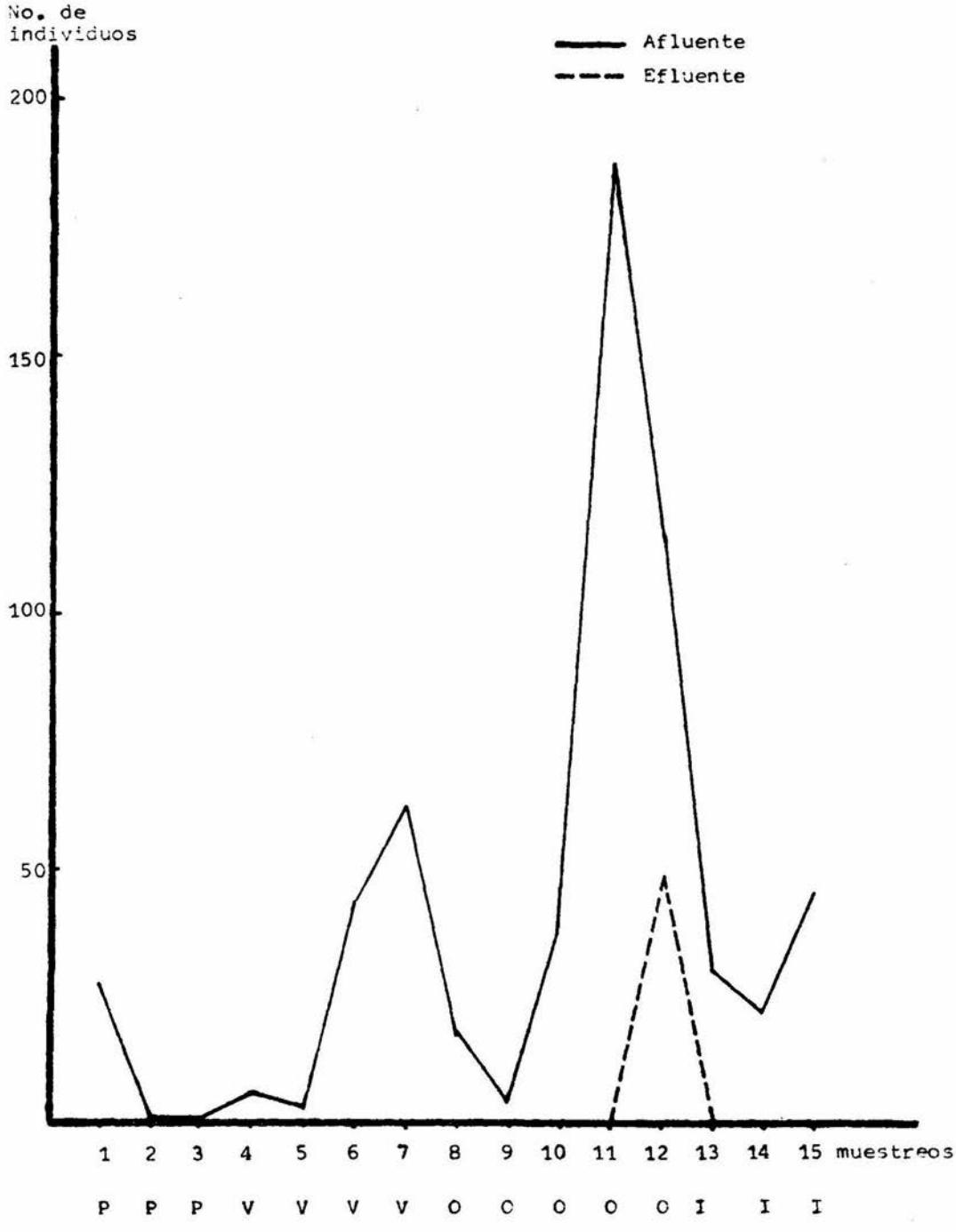


Figura 6.- Presencia de larvas en los 2 puntos de muestreo.

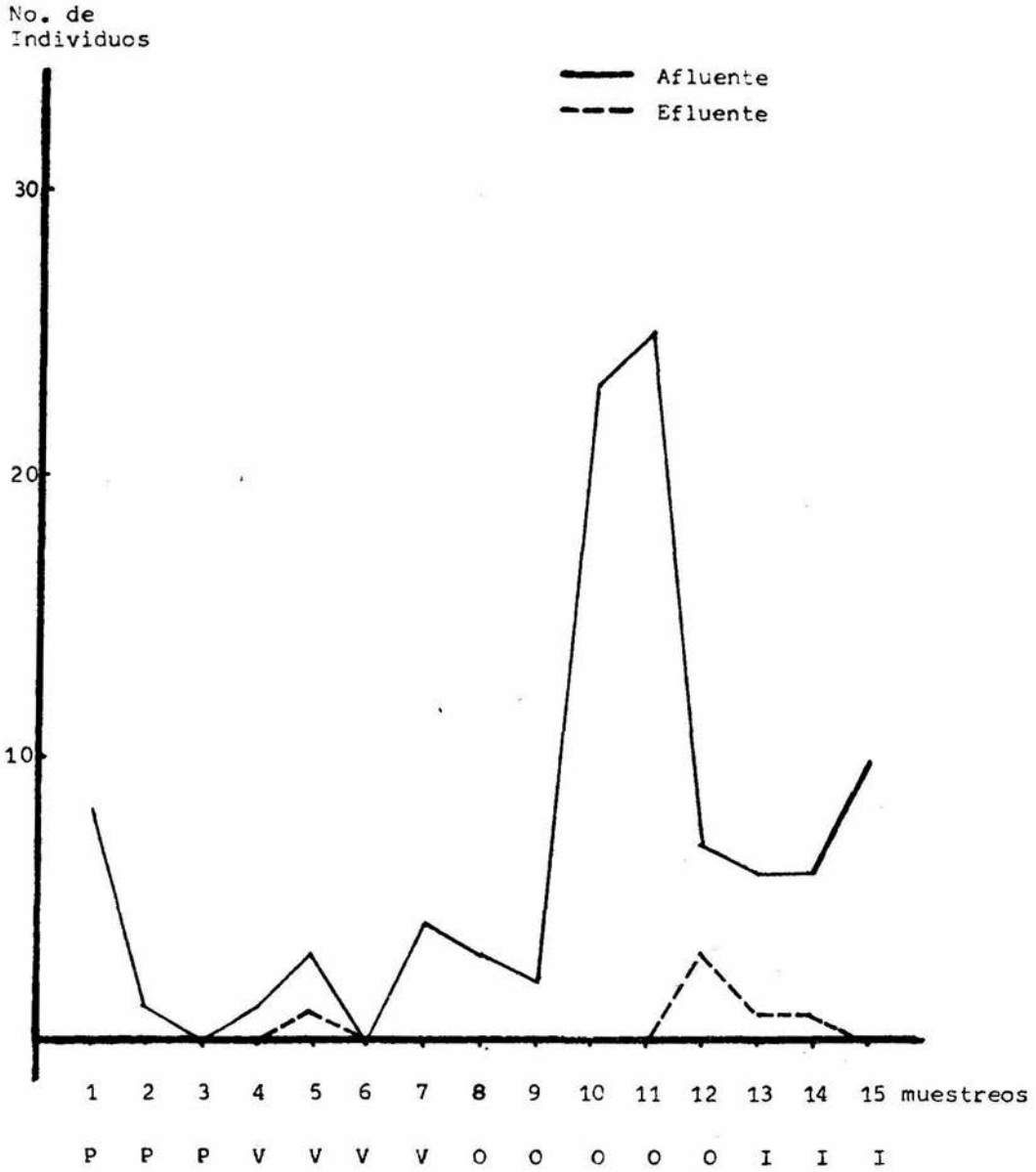
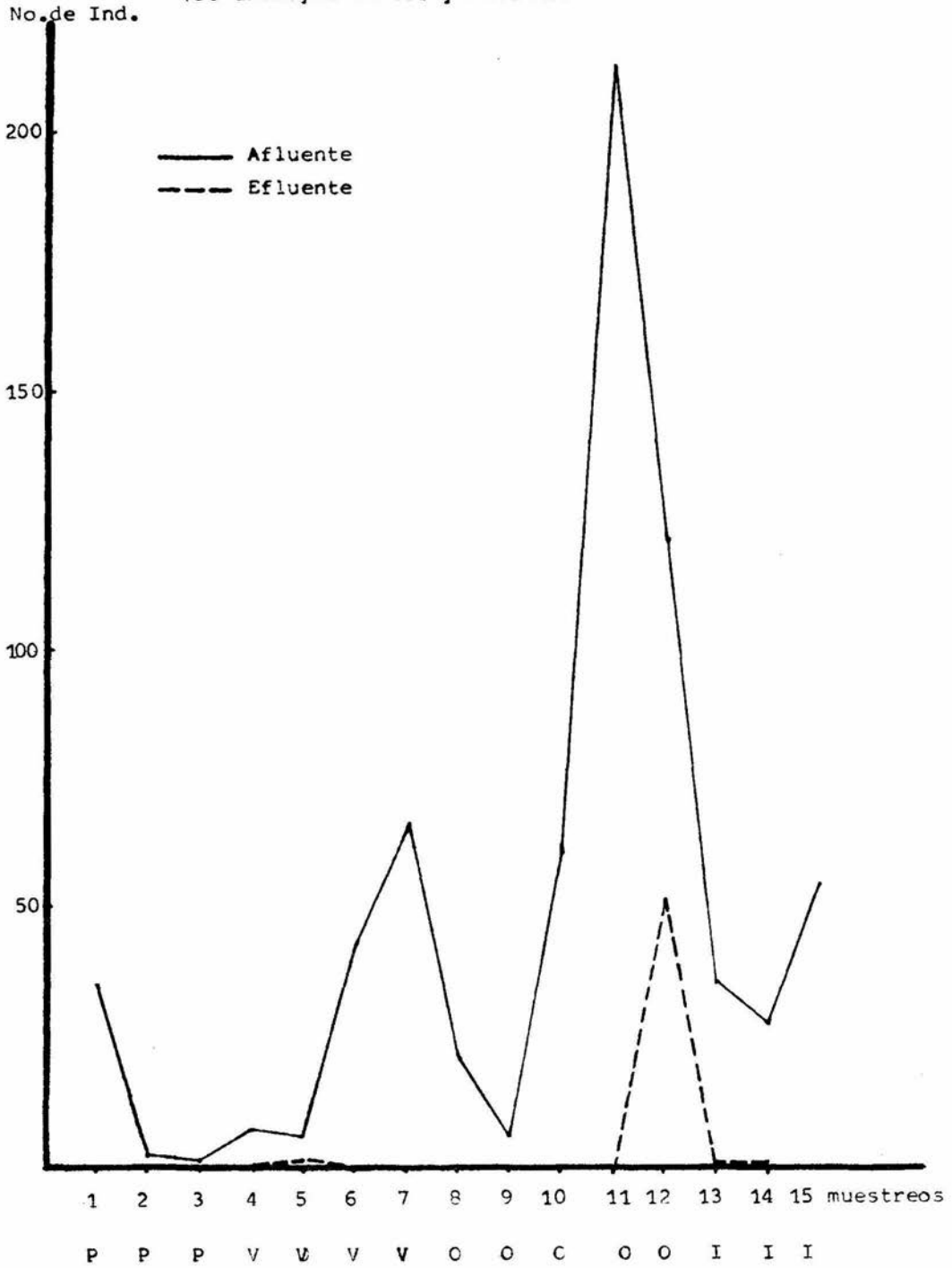


Figura 7.- Presencia de Helmintos en los 2 puntos de muestreo (Se incluyen huevos y larvas).



se toma en cuenta la gran abundancia de estas estructuras en la Laguna (cuadro 8). Del total de huevos hallados en el efluente sólo el 9.1% apareció en la salida y en un sólo muestreo, debido quizás a su inmovilidad y peso específico que los hace sedimentarse en el fondo de la laguna; lo anterior se refleja también en que, de los 15 muestreos realizados en 14 (93%) se observó una eficiencia de remoción del 100%, sólo en una ocasión (último muestreo de otoño) esta eficiencia disminuyó sensiblemente.

Contrariamente, las larvas, que fueron alrededor de 6 veces menos, respecto a los huevecillos, tuvieron una remoción global más alta (93.93%); sin embargo, sólo en 11 de 15 veces (73%) la eficiencia de remoción fué del 100%, en los demás muestreos ésta fuctuó entre 57.1 a 83.3% de remoción, pero siempre en números, comparativamente más pequeños que los huevecillos.

De cualquier forma la presencia de Helmintos en el efluente puede considerarse en términos generales como escasa, pues de cada 100 organismos que llegan a la laguna, se considera que sólo 7.8 alcanzan a salir de la misma, lo que da una eficiencia global de remoción del 92.16%, cantidad bastante aceptable para la eliminación de Helmintos parásitos por lagunas de Estabilización (cuadro 9).

Finalmente, es necesario aclarar que el término, aquí utilizado, de "eficiencia de Remoción Global", no debe interpretarse como un parámetro estático o constante para esta laguna, sino más bien que está sujeto a variaciones, dentro de ciertos límites, en función de ciertas variables externas, como pueden

ser: La composición de las aguas residuales que recibe, el contenido de materia orgánica, la temperatura, precipitación, estacionalidad y otros elementos climatológicos hasta cuestiones de mantenimiento y desbalance en el volumen de aguas residuales que recibe.

C A P I T U L O IV

1.- C O N C L U S I O N E S :

1.- De los 15 muestreos realizados se encontró un total de 702 Helmintos, de los cuales 603 eran huevecillos y 99 en estados larval. Como grupo predominante en cuanto a diversidad estuvieron los Nemátodos, pero en cantidad predominaron los Céstodos que sólo presentaron una especie.

2.- La Laguna de Estabilización de Sto. Tomás Atzingo, en las condiciones particulares que opera, mostró una mejor remoción de huevecillos que de larvas, y tiene un eficiencia de remoción global de Helmintos del 92.16%.

3.- En lo que respecta al contenido de Helmintos parásitos, se considera que el efluente tiene buena calidad, qunque habrá de definirse con precisión su uso final en base también a otros aspectos de interés como pueden ser: los colifornes, la reducción de la DBO, la de DQO, y el contenido de detergentes por ejemplo.

4.- No se observó ninguna relación entre el clima y la presencia y distribución de los organismos en los puntos muestreados, pero se supone que este factor sí influye directa o indirectamente sobre el funcionamiento de la laguna, y por lo tanto en la remoción de los organismos.

2.- R E C O M E N D A C I O N E S :

1.- Debido a la patogenicidad de los Helmintos y a su alta remoción en la laguna, es necesario dar un tratamiento y manejo adecuados a los lodos derivados de la laguna, a fin de poder los utilizar sin riesgo alguno en otra actividad.

2.- Es conveniente tener un control estricto del funcionamiento de la laguna, no sólo en el aspecto sanitario, sino también en otros aspectos como mencionamos anteriormente, ya que esto contribuiría de alguna manera a un mayor bienestar de sus usuarios y al mejoramiento de las perspectivas de salud en la comunidad.

3.- Este trabajo debería complementarse con un estudio epidemiológico de la población usuaria, con el fin de comprobar la presencia y grado de infestación de las especies encontradas; y otros patógenos con esto se aportarían más elementos para evaluar el impacto de estos organismos en la salud pública de la región, y determinar con claridad la importancia de este aspecto en el tratamiento de las aguas residuales domésticas por lagunas de estabilización.

3.- B I B L I O G R A F I A

1.- Anaya, L., Hernández, S. y Madrigal, S. 1980. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccíhuatl Bol. Tec. Inst. Nac. Invest. For. 65, México.

2.- Biagi, F. 1981. Enfermedades Parasitarias. 2a. Ed. La Prensa Médica Mexicana, México, D.F.

3.- Delgado F. Lagunas de Estabilización Facultativas (Fotocopias).

4.- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM. - México.

5.- F. Rivera, M. Rosario S., A. Lugo, P. Ramírez, R. Ortiz y A. Calderón. Ciliates in a Waste Stabilization Pond System in - México. Water, air an soil pollution. 34 (1987): 245 - 262.

6.- Gloyna, E.F. 1971. Waste Stabilization Ponds. 1st. Ed. World Health Organization. Switzerland.

7.- J.B. Mott, G. Mulamottil and A.D. Harrison. A 13 month survey of nematodes at three water treatment plants in southern, - Ontario, Can. Water Research. 1981. Vol. 15 (6): 729 - 736.

8.- J.W. Beck y J.E. Davies. 1983. Parasitología Médica. 3a. Ed. Interamericana, México.

9.- Kabler, 1959. Removal of pathogenic microorganisms by sewage treatment processes, Sewage an Industrial Wastes. Vol. 31 - (12): 1373 - 1382.

10.- Lugo, A. Estudio Cualitativo y Cuantitativo de los protozoarios zooflagelados presentes en las aguas negras almacenadas

en una laguna de estabilización facultativa. Tesis profesional. ENEP-Zaragoza, UNAM. 1984. México, D.F. pp. 20 - 21.

11.- Martínez, P., Flores, L., Fierro, G., Martínez R., Vera C., Sánchez B., Rincón V. y de Alba. Conservación, utilización y restauración de los recursos agua, suelo y biota. SARH- - INIFAP. 1987, México. Documento interno.

12.- Métodos de Laboratorio para el diagnóstico morfológico de parasitosis intestinales. Universidad La Salle. - Soc. Mex. de Parasitología. México.

13.- M. Chavarría, J. y de Lora S.F. 1978. Técnicas de defensa del ambiente E. Labor, S.A. Barcelona, España.

14.- Notas del curso de Parasitología, 1983. ENEP-Iztacala. UNAM.

15.- Ramírez, A.A. 1978. Microorganismos patógenos presentes en el agua residual doméstica y en suelos irrigados con ellos. 1er. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria. México.

16.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memoria - 1977 - 1982. Vol. I y II. México.

17.- Síntesis Geográfica del Estado de México. Cartas estatales de climas. Geología y Suelos. Esc. 1:500 000, S.P.P. México.

18.- S. Fragoso y N. Vega. Estados Larvarios de Helmintos en alfalfa regada con aguas negras en el Distrito de Riego No. 88. - Chiconautla, Ecatepec, México. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México. 1982. SARH-UNAM. México.

19.- Szekely F. 1978. El Medio Ambiente en México y América Latina 1a. Ed. Nueva Imágen, S.A. México.

20.- Turk, Turk Wittes. 1982. Ecología, contaminación y medio ambiente. Ed. Interamericana. México pp. 115 - 139.

21.- Yáñez C. F. Manual de Métodos Experimentales. Evaluación de Lagunas de Estabilización, CEPIS. Serie Técnica 24. O.P.S. pp. 45 - 57.

22.- _____ 1973. Lagunas de Estabilización. CEPIS y Ciencias del ambiente. Lima, Perú.