



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
I Z T A C A L A

BO 217/85 9.3

Biología

Análisis protozoológico (phylum Ciliophora)
de las aguas de desecho doméstico de un
estanque de estabilización facultativo en el
Estado de México.

T E S I S

Que para obtener el Título de:

B I O L O G O

p r e s e n t a:

María del Rosario Sánchez Rodríguez



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.

A m i M a d r e

A m i P a d r e

Pilares de mi existencia, con mi
amor por siempre.

A m i s H e r m a n o s

Martell, Lalo, Alejandro, Lupita, Paco,
Güero, Nais, Camay y Pille.

A ellos y sus familias con todo cariño.

A m i s A m i g o s y C o m p a ñ e r o s

Laura, Cacho, Alejandro, Javier, Eli, Pati,
Elvia, Arturo, Gloria, Alfonso, Ricardo, Myrna,
Mario y a todos aquellos que me han demostrado
su amistad.

A m i a s e s o r

Dr. Fermín Rivera Agüero.

A m i U n i v e r s i d a d

A m i s P r o f e s o r e s

A C.O.N.A.C. y T. por su apoyo para la realización
de este trabajo.

C O N T E N I D O

Resumen

Introducción

Objetivos

Justificación

Antecedentes

Area de estudio

Metodología

Resultados y Discusión

Conclusiones

Tablas y Figuras

Referencias bibliográficas.

Resumen.

El presente trabajo fue realizado en un sistema de estanques de estabilización localizados en el poblado de Santo Tomás Atzingo en el Estado de México, con el fin de investigar a los protozoarios ciliados presentes en él; así como sus relaciones con parámetros físico-químicos tales como temperatura del agua y del aire, potencial redox (Eh), bióxido de carbono, pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, nitratos y alcalinidad total.

Se llevaron a cabo 18 muestreos durante el período comprendido entre febrero de 1983 a febrero de 1984.

El análisis cuantitativo de este estudio está fundamentado en la composición de la comunidad de protozoarios ciliados, con las informaciones más significativas como son: frecuencia, abundancia y densidad.

Las especies encontradas en el sistema, fueron representantes de las tres clases del phylum Ciliophora y son las siguientes especies: Carchesium polypinum, Paramecium caudatum, Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma, Didinium balbianii, Stylonychia putrina, Tetrahymena vorax, Amphileptus claparedi, Spathidium spathula, Vorticella microstoma, Tetrahymena pyriformis, Litonotus fasciola y Aspidisca costata.

Se presenta un sistema con condiciones predominantemente

anaerobias y con un valor saprobio alfa-mesosaprobio, en donde la temperatura y la demanda bioquímica de oxígeno son los parámetros que manifiestan ser más determinantes sobre la presencia de protozoarios ciliados.

Introducción.

Una de las causas de deterioro en los sistemas ecológicos es la contaminación del agua, como resultado de las actividades humanas y viene provocando un problema que necesita una inmediata solución.

Existen métodos para el tratamiento biológico y fisicoquímico del agua que han probado ser eficientes, en cuyos procesos intervienen cargas orgánicas, exigencias volumétricas y períodos de retención que permiten el reuso del agua. En ejemplo de estos métodos es el de los estanques de estabilización, método conveniente por su accesibilidad en cuanto a costos de terreno, mantenimiento, operación, cargas orgánicas fluctuantes, reducción de la mayor parte de la demanda bioquímica de oxígeno, disminución de agentes patógenos (18), además del mejoramiento del ambiente.

Los estanques de estabilización se consideran depresiones cerradas de terreno; estos pueden comprender un solo estanque (facultativo), o varios tipos de estanques (anaerobios, facultativos y de maduración); de ahí que puedan construirse aislados o en paralelo según el grado de depuración que se requiera, tomando en consideración el tipo de agua residual, sus características (volúmen, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos, pH), hidrología, meteorología (temperatura, viento, nubosidad), luz, topografía y utilización del efluente (18).

Los estanques de estabilización facultativos, generalmente reciben agua cruda o bien que ha tenido un tratamiento preliminar. El vertido es tratado por procesos biológicos que involucran bacterias, algas, hongos y protozoarios. La capa superficial es aerobia, la parte media contiene organismos facultativos y la zona de fangos en el fondo es anaerobia. En la actualidad la mayor parte de los estanques de estabilización que --tratan aguas residuales, son de tipo facultativo.

La determinación de los diferentes parámetros fisicoquímicos en el estanque, da a conocer la tendencia aerobia o anaerobia de un ecosistema acuático; por ejemplo, la temperatura es de vital importancia para los procesos biológicos, físicos y químicos del cuerpo de agua así como el tipo y número de organismos es importante, ya que están determinados por la concentración de oxígeno que es proporcionado por la actividad fotosintética de las algas y el oxígeno atmosférico; además estas concentraciones también pueden servir para evaluar cualitativamente y cuantitativamente la materia oxidable (18).

En los estanques que reciben aguas residuales se realiza el proceso de la estabilización de la materia orgánica que comprende una serie de reacciones biológicas como: a) oxidación de la materia orgánica por bacterias aerobias, b) nitrificación de las proteínas y otros compuestos nitrogenados por bacterias aerobias, c) reducción de la materia orgánica por bacterias anaerobias presentes en los estratos del fondo y d) oxige

nación de las capas superficiales por las algas y el viento(34).

En la degradación biológica de la materia orgánica, existen bacterias aerobias que forman agregados en un proceso de floculación que se agudiza por la presencia de protozoarios ciliados, que secretan sustancias mucosas y forman grumos, esto permite a los ciliados pedunculados y tigmotácticos de un sustrato para su fijación, a la vez que estos organismos eliminan de la suspensión muchas bacterias, reduciendolas en número y diversidad (14).

Los efluentes domésticos constituyen un medio favorable para el crecimiento de numerosos organismos. La orina aporta sales minerales y nitrógeno en forma de urea, mientras que los excrementos sólidos son muy ricos en proteínas; esta mezcla tiene además, una composición media especialmente equilibrada en nitrógeno y carbono para el desarrollo de los microorganismos depuradores (42). Además de que la depredación de bacterias por los protozoarios ciliados constituye un paso más dentro del proceso de degradación de nutrientes de la trama alimentaria (20).

Biológicamente cada zona de los estanques de estabilización presenta condiciones óptimas para ciertas especies y comunidades de organismos, los cuales son llamados organismos indicadores (19).

Cuando en los sistemas de tratamiento se encuentran protozoarios ciliados, la clarificación se ve aumentada, la demanda

bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos se ven disminuidos, existiendo una proporción inversa entre el número de bacterias; esto se atribuye al papel que juegan en la formación de flóculos y la microcirculación de los líquidos debida a la actividad de sus cilios (12,14).

Se ha demostrado (13), que es posible predecir las condiciones del efluente producido, si se conocen los ciliados que están presentes; asimismo, son los organismos más importantes en estudios de contaminación de corrientes y sistemas de tratamiento de desechos (11,13,36,52,54).

Objetivos.

- 1.- Determinar a lo largo de un año, cuales son los protozoarios ciliados (phylum Ciliophora) presentes en el proceso de depuración de las aguas almacenadas en un estanque de estabilización facultativo, en el poblado de Santo Tomás Atzingo, Méx.
- 2.- Encontrar la relación existente entre los parámetros físico-químicos analizados y la presencia de protozoarios ciliados hallados en el sistema.
- 3.- Clasificar la calidad del agua del estanque en base a los ciliados observados dentro de los métodos de caracterización biológica dentro del sistema de saprobios.

Justificación.

En México, en comparación con otros países, existen pocos sistemas de tratamiento de aguas negras, escasos trabajos de investigación al respecto y la literatura proviene de extranjero; sin embargo, las condiciones climatológicas, edáficas y biológicas de nuestro país nos obligan a tomar estas investigaciones como antecedente, por lo que es necesario experimentar con métodos biológicos y fisicoquímicos para conocer hasta que punto es posible aprovecharlos. Implicando, asimismo, una clasificación en cuanto a la calidad de agua para los usos que se le -- destine.

El poblado de Santo Tomás Atzingo, Méx., que se encuentra a pocos kilómetros de la Cd. de México, cuenta con uno de los sistemas de estanques para el tratamiento de aguas de desecho doméstico, gracias al cual se tiene la facilidad de llevar a cabo tanto estudios de las condiciones fisicoquímicas de los vertidos, como análisis de la población de protozoarios ciliados en su papel de indicadores de procesos de purificación de aguas negras. Ya que conociendo su ecología e interacciones físicas y químicas, podrán determinarse niveles de contaminación de este tipo de agua.)

Antecedentes.

En México, se ha trabajado con invertebrados enfocándose a diversos aspectos (40,47,48,58): como habitantes del drenaje doméstico, en estudios morfofisiológicos, en estudios ecológicos, en listas taxonómicas y en el tratamiento de aguas residuales; en los que se ha hecho con frecuencia referencia a los protozoarios como el grupo de organismos indicadores de procesos de descomposición, especialmente al phylum Ciliophora como el más importante en estudios de contaminación de aguas y en sistemas de tratamiento de desechos (9,20,25).

Se han realizado estudios anteriores en este sistema de estanques, con diferentes enfoques y bajo ciertas condiciones de operación, como son la utilización de los lodos del estanque para fertilizar los campos de maíz del poblado; incidencias del grupo de los coliformes como indicadores de contaminación; estudios bacteriológicos con diferentes géneros de bacterias; estudios con protozoarios flagelados; estudios con fitoplancton; estudios con amibas (1,2,5,31,44,55). A fin de conocer el comportamiento cinético de el estanque de estabilización.

Area de estudio.

En la comunidad de Santo Tomás Atzingo, Méx. localizado entre los 19°10' y 19°15' latitud norte y entre los 98°45' y 98°50' de longitud oeste, en el municipio de Tlalmanalco en el Estado de México (figura 1), se encuentra un sistema de estanques estabilización construidos en el año de 1976 a instancias del gobierno del Estado de México.

Estos estanques reciben los desechos domésticos de un total de 1400 habitantes.

El poblado pertenece a la cuenca del valle de México y subcuenca del lago de Texcoco, de la fuente de abastecimiento del sistema Morelos (fig. 1).

El clima de la zona es C(w)₂(w)(b)g templado subhúmedo con lluvias en verano y estación más seca en invierno (17); se encuentra a una altitud media de 2250 m.s.n.m., con temperaturas mínimas de - 5°C, media de 14.1°C y Máxima de 29°C; con una precipitación pluvial de 960.7 mm. al año.

El ejido tiene una superficie total de 450 hectáreas, de las cuales 75 son de agostadero y 375 de monte. Cuenta con agua potable desde 1970 existiendo tomas domiciliarias en el 80% de las casas habitación.

El trabajo de los habitantes es la agricultura, principalmente alfalfa y maíz; en cuanto a ganadería, es principalmente del tipo vacuno y lanar (57).

El tipo de desecho que se almacena en el estanque es ex-

clusivamente municipal con un número de usuarios de 1400, este desecho es conducido al estanque por un sistema de entubado - en su totalidad.

No hay descargas de fertilizantes o plaguicidas en el estanque, ni ninguna industria que afecte los desechos municipales que ahí se vierten.

Metodología.

Se realizó un muestreo prospectivo para delimitar las zonas de muestreo de el estanque, del que fue necesario partitmando al estanque como un modelo de circulación de masas de agua, variando en intervalos del espacio (con referencia a la entrada o afluente), debido a la cinética propia de éste.

A partir de este modelo de circulación, se diseñó un modelo de cubos, el cual consistió en dividir el estanque en 12 cubos (fig.3), tomando en cuenta la longitud (40.1 m.), el ancho (14.6 m.) y la profundidad (desde 1 a 1.7 m.). Con base a la división propuesta anteriormente, se estableció la hipótesis de que la calidad del agua variaba de cubo a cubo, esto con el fin de minimizar el error al momento de definir la homogeneidad del sistema. En cada cubo se llevaron a cabo 3 muestreos correspondientes a superficie, media agua y fondo; en los que se analizaron los siguientes parámetros: temperatura (termómetro graduado), conductividad (conductivímetro), potencial redox (potenciómetro), pH (potenciómetro) y oxígeno disuelto (método Winkler).

Una vez establecida la hipótesis del modelo de cubos, se decidió utilizar el análisis de función discriminatoria para encontrar la combinación lineal de los valores de las variables analizadas. Esta combinación lineal produce la máxima diferencia entre grupos definidos y esclarece si todos los cu-

bos pertenecen o no a una misma población de organismos.

Para corroborar la semejanza o diferencia entre cada cubo se utilizó el estadístico "F" para cada uno de los cubos.

Dependiendo de este tratamiento de datos, se determinó - que se llevaran a cabo 18 muestreos durante el período de febrero de 1983 a febrero de 1984, en los sitios que se ilustran en la figura 4, y que corresponde a las estaciones de muestreo de superficie y fondo en los puntos I,II,III,IV, con entrada (afluente) y salida (efluente); siendo un total de 10 estaciones de muestreo.

Las muestras de material biológico y para el análisis físicoquímico se recolectaron entre las 9:00 y 12:00 horas, utilizando botellas Van Dorn o muestreador Winkler en cada una de las estaciones del estanque para muestras de superficie y fondo; se transportaron en hielo para su posterior identificación y cuenta de organismos.

El procedimiento que se llevó a cabo fué el siguiente: - una parte de la muestra se vertió en frascos y otra, aproximadamente 2 ml. en cada tubo de cultivo previamente esterilizado de Chalkley trigo y arroz (32) e infusión de paja; ambas muestras se conservaron a temperatura ambiente por ser las más cercanas a las condiciones en las que se recolectaron.

El estudio al microscópio se efectuó con técnicas de campo claro y contraste de fases en preparaciones frescas de or-

ganismos inmovilizados y teñidos con colorantes como rojo neutro y azul de metileno (28), hematoxilina de Heiden Hain (32), y fijándolos con Schaudinn y lugol (32), formol al 2% y Alcohol con tabaco al 2%.

Para la cuenta de organismos sin movimiento se utilizó -- la cámara de Nuebauer (hematocitómetro) (11,56).

El análisis fisicoquímico consistió en la determinación en el laboratorio de los siguientes parámetros según las técnicas propuestas por APHA, AWWA, WPCF, 1978 (3).

Alcalinidad total.- titulación potenciométrica, fijando previamente con ácido sulfúrico concentrado (ppm).

Demanda química de oxígeno.- titulación con dicromato de potasio (ppm).

Nitratos.- método de brucina (ppm).

Demanda bioquímica de oxígeno.- método Winkler (ppm).

En el campo se registraban las condiciones climáticas como nubosidad, temperatura ambiente, fauna y flora circundante, así como observaciones del estado del estanque y las mediciones fisicoquímicas de pH (potenciómetro), potencial redox (potenciómetro), CO_2 (método volumétrico con fenoftaleína) y temperatura (termómetro graduado) del agua en cada una de las 10 estaciones, con el propósito de relacionar sus resultados con la presencia de protozoarios ciliados.

Los muestreos se realizaron en las fechas siguientes:

- 1.- 21 de febrero de 1983
- 2.- 7 de marzo de 1983
- 3.- 22 de marzo de 1983
- 4.- 25 de abril de 1983
- 5.- 9 de mayo de 1983
- 6.- 23 de mayo de 1983
- 7.- 15 de agosto de 1983
- 8.- 22 de agosto de 1983
- 9.- 5 de septiembre de 1983
- 10.- 19 de septiembre de 1983
- 11.- 3 de octubre de 1983
- 12.- 24 de octubre de 1983
- 13.- 7 de noviembre de 1983
- 14.- 21 de noviembre de 1983
- 15.- 6 de diciembre de 1983
- 16.- 16 de enero de 1984
- 17.- 30 de enero de 1984
- 18.- 13 de enero de 1984.

Para ubicar la posición sistemática de los organismos es tudiados se siguieron las claves y clasificaciones propuestas por:

Ward, H. 1959 (59),

Honigberg, B.M. 1964 (22),

Curds, C.R. 1982 (15),

- Corliss, J.O. 1979 (10),
Hartmut, B. 1963 (21),
Corliss, J.O. 1959 (9),
Pennak, R.W. 1978 (41),
Jahn, T.L. et. al. 1980 (24),
Liebmann, H. 1962 (30).

Para la caracterización biológica del estanque, se siguió el método propuesto por Pantle y Buck, 1955 (51), donde se calcula la frecuencia de cada especie encontrada según tres grados de frecuencia, además de situar a cada especie en el sistema de saprobios (Liebmann, 1962; Kolkwitz y Marsson, 1909).

Resultados y Discusión.

Se encontraron 14 especies de protozoarios ciliados representantes de 3 clases del phylum Ciliophora, para la clase Kinetofragminophorea las siguientes especies: Carchesium polypinum, Vorticella convallaria, Didinium balbianii, Amphileptus - claparedi, Spathidium spathula, Litonotus fasciola, Vorticella microstoma; en la clase Oligohymenophorea las especies como: Paramecium caudatum, Paramecium aurelia, Tetrahymena vorax, Tetrahymena pyriformis, Cyclidium glaucoma; y en la clase Polyhymenophorea sólo dos especies: Aspidisca costata y Stylonychia putrina.

Se enlistan en el cuadro 1 cubriendo algunos aspectos ecológicos determinados en este análisis.

Para facilitar la localización de los organismos en las figuras y tablas, se les asignó a cada una de las especies encontradas un número:

organismo número	nombre
1.-	<u>Carchesium polypinum</u>
2.-	<u>Paramecium caudatum</u>
3.-	<u>Paramecium aurelia</u>
4.-	<u>Vorticella convallaria</u>
5.-	<u>Cyclidium glaucoma</u>
6.-	<u>Didinium balbianii</u>
7.-	<u>Stylonychia putrina</u>
8.-	<u>Tetrahymena vorax</u>

- 9.- Amphileptus claparedi
- 10.- Spathidium spathula
- 11.- Vorticella microstoma
- 12.- Tetrahymena pyriformis
- 13.- Litonotus fasciola
- 14.- Aspidisca costata

Para el estanque se encuentran las siguientes condiciones
eliminación del 60% de materia orgánica.

eliminación del 80% de partículas suspendidas

un tiempo de retención de 21 días

y un gasto de 1 litro por segundo. *

Como especies acompañantes se identificaron los siguientes grupos:

Chloromonas

Bacillariophyta sp.

Scenedesmus sp.

Nitzschia palea

Hanschia sp.

Navicula sp.

} Algas

} Diatomeas

* Datos proporcionados por el Proyecto de Conservación y Mejoramiento del Ambiente, de la Unidad de Investigación Interdisciplinaria para las Ciencias de la Salud y la Educación, ubicada en la Esc. Nac. de Estudios Profesionales Iztacala, U.N.A.M.

<u>Euglena proxima</u>	}	Protozoos
<u>Euglena pisciformis</u>		
<u>Euglena viridis</u>		
<u>Astasia sp.</u>		
<u>Polytoma uvella</u>		
<u>Bodo saltans</u>		
<u>Bodo edax</u>		
<u>Bodo caudatus</u>		
<u>Trepomonas agilis</u>		
<u>Cercobodo sp.</u>		
<u>Scytomonas pusilla</u>	}	Nematodos
<u>Strongyloides sp.</u>		

Para la caracterización biológica del agua del estanque se siguió el método propuesto por Pantle y Buck, 1953; en el que después de la colecta de organismos se identifican y se determina su frecuencia; para este caso fué mediante hallazgos: 1=casuales, 3=frecuentes y 5=abundantes; tomándose este criterio porque es más práctico estimar estos grados.

Después de calcular la frecuencia (h) para cada especie encontrada, según los tres grados antes mencionados, de situar a cada especie en el sistema de saprobios de acuerdo al cuadro 1 y conocer su grado saprobico de la manera siguiente: para organismos oligosaprobios $S = 1$; para organismos indicadores beta-mesosaprobios $S = 2$; para organismos indicadores -

alfa-mesosaprobios $S = 3$ y organismos polisaprobios $S = 4$, se halla el índice de saprobiedad, de acuerdo a:

$$S = \frac{(S \times h)}{h}$$

La calidad del agua se clasifica entonces según el esquema que indica el grado de contaminación S .

Para el estanque de Santo Tomás Atzingo, Méx. resultó -- que el agua tiene una calidad alfa-mesosaprobia, es decir, -- una contaminación fuerte por materia orgánica.

Durante los meses de muestreo se advirtió la presencia -- de protozoarios ciliados, figura 5 (presencia de organismos -- vs. meses), por lo que puede suponerse que el alto grado de -- descomposición del estanque de estabilización, favoreció la -- presencia de protozoarios indicadores; ya que existen ciertos -- ámbitos y condiciones que permiten caracterizar estas asocia-- ciones de organismos por disponibilidad de alimento, factores -- abióticos, competencia, etc. Además de que intervienen en el -- sistema de saprobios como organismos indicadores de procesos -- de depuración (20,40,47).

En la figura 5 también se muestra que de febrero a mayo, se presentan especies distintas a las observadas en los meses de agosto a febrero. Si se toma la proporción de especies polisapróbicas presentes en los primeros meses, se nota que es mayor; una explicación a este aspecto es que, durante estos -- meses el estanque empezó a funcionar como tal, es decir, su --

funcionamiento no era el óptimo; ahora, si se observan los meses siguientes de agosto a febrero, cambia la población, apareciendo especies distintas; esto podría traducirse como el proceso hacia la estabilización de la materia orgánica contenida en el estanque, y que de haber continuado con el experimento posiblemente se llegaría a una población homogénea y estable de -- protozoarios ciliados.

Tomando como 100% el número total de protozoarios ciliados, se estableció un porcentaje de presencia considerando el número de organismos en cada muestreo, resultando la figura 6; en ella se contempla el porcentaje de organismos vs. muestreos así como los muestreos con mayor número de especies, estos son: 25 de abril de 1983 (4°) Paramecium caudatum, Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma y Didinium balianii; 7 de noviembre de 1983 (13°) Cyclidium glaucoma, Tetrahymena vorax, Amphileptus claparedi, Vorticella microstoma y Litonotus fasciola; 6 de diciembre de 1983 (15°) Cyclidium glaucoma, Tetrahymena vorax, Vorticella microstoma, Tetrahymena pyriformis y Litonotus fasciola; y el 16 de enero de 1984 (16°) Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma, Tetrahymena vorax, Vorticella microstoma y Aspidisca costata.

Para el octavo muestreo (22 de agosto de 1983) en la misma figura 6, se observa el más alto porcentaje de organismos, aunque su diversidad es baja, con sólo dos especies diferentes

CJO

Cyclidium glaucoma y Vorticella microstoma (cuadro 2).

Para el total de especies registradas (figura 7), se encuentra que Cyclidium glaucoma fué la especie más abundante ya que estuvo presente en 11 de 18 muestreos; siguiendole en orden descendente: Vorticella microstoma, Vorticella convallaria, Paramecium aurelia, Carchesium polypinum, Tetrahymena vorax, Paramecium caudatum, Didinium balbianii, Stylonychia putrina, Litonotus fasciola, Spathidium spathula. Amphileptus claparedi, Aspidisca costata y Tetrahymena pyriformis.

La temperatura ambiente durante el período de toma de -- muestras tuvo un promedio de 19.8°C, un máximo de 25°C y un -- mínimo de 17°C (figura 8).

NO se detectaron concentraciones de oxígeno disuelto en el agua del estanque durante los muestreos realizados, pero - esto no implica que el sistema funcione de manera anaerobia, ya que se encontraron organismos aerobios tanto de zooplanc-- ton como de fitoplancton en las estaciones de superficie y -- fondo. Probablemente las concentraciones de oxígeno disuelto sean tan pequeñas que por el método usado no tuvo la sensibilidad suficiente para detectarlas. Además de que la gran cantidad de materia orgánica que llega al sistema provoca el descenso de oxígeno y una alta demanda bioquímica de oxígeno causada por la materia que se oxida (42).

Aunado a este aspecto, se relaciona al grupo de los peritricos como Vorticella a condiciones donde existe oxígeno, -

es decir, donde el sistema tiende a recuperarse (figura 16), - existiendo entonces mayor frecuencia de este género con las especies como Vorticella microstoma y V. convallaria.

Por otra parte, es de suponerse que por los efectos indirectos de la contaminación por desechos domésticos, donde se lleve a cabo una notable disminución del oxígeno disuelto, que puede ser consumido por las bacterias aerobias en la oxidación y mineralización de la materia orgánica (42).

Los valores de pH del estanque se ubican con un promedio - de 7.72, un máximo de 11.4 y un mínimo de 5.2; intervalos dentro del límite de desarrollo para los protozoarios ciliados.

Probablemente las pocas condiciones de acidez que se determinaron en el agua, durante los meses de marzo y mayo, y en las estaciones de entrada, I_s , I_f , y II_f (cuadros 3 y 4); sea producido por el bióxido de carbono disociado por el ácido sulfúrico (olor a huevo podrido que algunas veces se detectó) - producido por el metabolismo de bacterias que reducen los sulfatos en condiciones anaerobias (60).

Otro aspecto importante por el que probablemente se hallan encontrado valores cercanos a la neutralidad, es que como existe CO_2 en el estanque y este es fuente de carbono para los organismos autótrofos como las algas, existen fluctuaciones -- diurnas de la actividad fotosintetizante que ocasionan que el pH se eleve durante el día, y este fuera el detectado en la hora de toma de muestras.

La temperatura del agua tuvo promedio de 13.7°C, las temperaturas de superficie siempre fueron más altas que las de fondo (figura 9), los intervalos superior e inferior de las temperaturas determinadas fueron de 24.0° y 6.0°C respectivamente (cuadros 3 y 4).

Los valores determinados experimentalmente se relacionaron con los reportados en la bibliografía, y se encontró que las especies halladas presentan los valores de temperatura adecuados para que existan los protozoarios ciliados.

Si se observa la figura 9 que relaciona a los organismos con la temperatura del agua, se ve una relación directamente proporcional, ya que al aumentar ésta, el número de organismos también aumenta; y aunque no presentan las mayores abundancias si se encuentra que el número de especies por estación es mayor (cuadro 5); por ejemplo, para la entrada y salida se observan las temperaturas más altas, así como el mayor número de organismos: para la entrada se hallaron once organismos diferentes, Carchesium polypinum, Paramecium aurelia, Paramecium caudatum y Vorticella convallaria con mayor frecuencia, así como Vorticella microstoma, Cyclidium glaucoma, Didinium balbianii, Tetrahymena vorax, Spathidium spathula, Tetrahymena pyriformis y Litonotus fasciola; y para la salida se encontraron 9 especies diferentes: Carchesium polypinum, Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma, Didinium -

balbianii, Tetrahymena vorax, Vorticella microstoma, Litonotus fasciola y Aspidisca costata (cuadro 5):

Al parecer con las temperaturas más altas reportadas se alcanza mayor densidad de organismos (cuadro 4).

Se considera (16) que si los estanques de estabilización presentan temperaturas menores de los 15°C y valores de pH por arriba de los 7, estos funcionan anaerobicamente; esto al parecer sucede para el estanque de Santo Tomás Atzingo, cuyo promedio para la temperatura del agua es de 13.7°C y ámbitos de pH generalmente superiores a 7 (fig. 9), además de que entre los organismos acompañantes aparecieron especies con bajos requerimientos de oxígeno; y si esto al parecer se lleva a cabo en el estanque, podría pensarse que su comportamiento sea predominantemente anaerobio y que la descomposición de los desechos domésticos que ahí se vierten sea más lenta (34).

En la bibliografía se encuentran discrepancias (18) en cuanto a si la temperatura del agua residual de tipo doméstico (46) es un factor determinante para la existencia de los protozoarios ciliados; pero se observa que para el caso de este estanque, en las estaciones (entrada y salida) donde la temperatura del agua es mayor, existe mayor incidencia de protozoarios (cuadro 4). De ahí que pueda suponerse que este parámetro sea importante para la ubicuidad de estos organismos; ya que al ser superior la temperatura, la velocidad del meta-

bolismo de estos organismos tiende a crecer y por consiguiente la utilización de oxígeno. Este hecho da a pensar que existen para el estanque cantidades mínimas aprovechables de este elemento en el agua y es posible también, que se manifiesten aquellos protozoos que toleran niveles muy bajos, aún cuando se percibiera en algunas ocasiones el olor característico producido por la presencia de sulfuro de hidrógeno, frecuente en aguas con poca concentración de oxígeno.

En la figura 10 se observa el comportamiento del pH y la temperatura del agua (cuadro 3) y especies por mes (cuadro 2), en el que se expone un comportamiento aproximadamente inverso entre las especies y el pH, de tal forma que mientras que el pH aumenta, el número de especies por mes disminuye, lo mismo parece suceder con la temperatura.

Una posible explicación a este aspecto es que ambos factores aunque fluctuen con respecto a los organismos, se encuentran dentro del intervalo de tolerancia de las especies determinadas, pudiendo entonces suponerse que la abundancia de los protozoarios se deba entonces a la disponibilidad de alimento (54).

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O. que estima la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua residual por medio de una población microbiana heterogénea (8)) es alta en el estan

que (cuadro 4 y figura 12), esta concentración es superior a la que suministra la fotosíntesis o la aereación natural superficial; esto contribuye también a que las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentren tan bajas y prevalezcan condiciones anaerobias (43).

La demanda química de oxígeno (D.Q.O. medición del equivalente de oxígeno de la fracción de la muestra que es susceptible de oxidarse por medio de permanganato o dicromato ácido (8)) a pesar de sus limitaciones como la de no tomar en cuenta la biodegradabilidad biológica, ni proporcionar la velocidad de estabilización de los desechos, se presenta con valores mayores a la D.B.O. como es de esperarse para aguas de desecho doméstico (38) (figura 11); de esta relación de la D.B.O. y la D.Q.O. es indicativa de que una porción de las sustancias orgánicas oxidables por el dicromato (es decir aquellas que ejercen una demanda química de oxígeno), no son biodegradables o son relativamente resistentes a la degradación biológica. - Puede juzgarse que los desechos domésticos que se vierten al estanque sean en su mayoría materiales que puedan ser químicamente oxidados, lo que significa que la D.B.O. disminuya más rápido que la D.Q.O. y la oxidación enzimática que se lleva a cabo, destruya los compuestos biológicos existentes.

Quizá los valores altos para la D.Q.O. (cuadros 4 y 5) con respecto a la D.B.O. se deban a que algunos iones inorgánicos como sulfuros, sulfitos, nitratos, hierro ferroso, etc, - sean oxidados por el dicromato, dando una D.Q.O. inorgánica -

que no es detectada por la D.B.O. (43).

En la figura 11, se observa que al aumentar la D.B.O., disminuye la frecuencia de protozoarios ciliados, aunque no lo suficiente para que éstos desaparezcan; de hecho, se encuentra que tanto Vorticella microstoma como Vorticella convallaria peritricos que aparecen cuando las concentraciones de oxígeno -- son más elevadas que al inicio de la descarga de aguas negras, se presentan estos organismos (cuadro 5, organismos 4 y 11). -- Probablemente el que se encuentren en todas las estaciones, se deba a que tienen un sustrato donde fijarse y alimento disponible como bacterias, detritos y materia orgánica soluble (2) - (12).

Algunos compuestos que son vertidos al estanque, admisi-- blemente no son degradados en forma satisfactoria por medios bioquímicos, sin embargo, muy pocos resisten la oxidación ejercida por el dicromato; de ahí que generalmente la D.Q.O. tenga valores más altos que la D.B.O., ya que la mayor parte de los compuestos se oxidan por este método (8).

En los meses (figura 12), se expone un comportamiento -- mas o menos parecido entre la D.B.O. y la D.Q.O.; en la que -- cuando la D.B.O. tiene valores más altos, en el mes de octubre sólo se encuentra a Cyclidium glaucoma y Vorticella microstoma (figura 5) y cuando esta disminuye se observa mayor diversidad de especies (febrero): Carchesium polypinum, Paramecium caudatum, Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium --

glaucoma, Tetrahymena vorax y Spathudium spathula.

Podría suponerse que el agua del estanque se ha sometido a una oxidación parcial de los componentes que ahí son vertidos, este hecho, representa una demanda de oxígeno disponible para que ocurra la nitrificación. Ya que dentro de la composición de las aguas residuales domésticas típicas sin tratamiento como las de Santo Tomás Atzingo, no deben presentarse valores para nitratos (38), sin embargo, se encuentran; probablemente por la desaminación de compuestos que contienen nitrógeno orgánico (heces fecales, orina) o por la hidrólisis de la urea de los desechos vertidos, se hallaron estos valores (fig. 11 y 12).

No obstante dadas las bajas concentraciones de oxígeno - deben existir valores mínimos de este compuesto (0.3 mg/l.) - (23) en la capa superior que permitan llevar a cabo la nitrificación.

En las figuras 11 y 12 se incluye a los nitratos, ya que este parámetro también representa una demanda de los recursos de oxígeno disponibles en el estanque, necesarios para la presencia de organismos y para la depuración biológica de los desechos que ahí se depositan.

Las concentraciones de CO_2 ($\bar{x} = 70$ ppm) en el estanque - son altas (38), figura 13, esto posiblemente se deba a las bacterias que oxidan el metano y que viven en el estrato aerófilo (60), a la respiración aerobia de algunos microorganismos

que se encuentran en la superficie del agua, o bien al metabolismo de bacterias metanogénicas (34).

Para el estanque existieron relativamente pocas especies de fitoplancton, aunque muy abundantes, esto se puede relacionar con las concentraciones de CO_2 asimilado por las especies algales estuvo en forma libre (60) (23).

Las concentraciones más elevadas de CO_2 se presentaron en el mes de mayo (fig. 13) con temperaturas moderadas (13.7°C) - que activa la descomposición bacteriana y la respiración, dando como resultado aumento en el consumo de CO_2 por las algas; para este mes se presentaron las siguientes especies: Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma y Didinium balbianii (cuadro 2).

En los meses de septiembre y octubre con las temperaturas más altas, se encontró que la concentración de CO_2 en el agua es menor, sin embargo, el número de especies halladas fué bajo con organismos como: Cyclidium glaucoma, Stylonychia putrina, Vorticella microstoma y Tetrahymena vorax (cuadro 2 y fig.13).

Al descender la temperatura (mes de agosto), es de suponerse que disminuya la respiración, la descomposición y la fotosíntesis y aumente la solubilidad del CO_2 ; en este caso el número de organismos no fué muy variable, se presentaron 5 especies diferentes: Paramecium aurelia, Vorticella convallaria, Cyclidium glaucoma, Tetrahymena vorax y Vorticella microstoma.

Se observa un comportamiento oscilatorio en los valores de dióxido de carbono, donde los valores más bajos se reportan para las estaciones de superficie (figura 14 y cuadro 4).

Aún cuando las concentraciones de CO_2 sean tan fluctuantes es admisible que el estanque cuente con una capacidad amortiguadora por el contenido de carbonatos en el medio y que permite la ubicuidad de los protozoarios ciliados (35).

La alcalinidad del estanque presenta valores altos ($\bar{x} = 266.7$, contaminación fuerte) (38), estas concentraciones vienen dadas por la presencia de carbonatos y bicarbonatos en el medio (3); como el estanque muestra valores de pH entre 7 y 8, el contenido de estos compuestos se encuentra entre un 75 y 95 por ciento. Esto podría deberse a la liberación de bicarbonatos que se ven favorecidos por las condiciones anaerobias y la producción bacteriana de algunos bicarbonatos de amonio (60), (35). Como el contenido de bicarbonatos es alto, la capacidad amortiguadora del estanque también lo es, por lo que regula los cambios de pH y los mantiene para el desarrollo de organismos, sin alterar sus densidades y abundancias (cuadro 5).

Un dato interesante es que cuando la alcalinidad tomó el máximo valor (mes de abril, fig. 13), se manifestó mayor diversidad de especies (cuadro 2), aunque en números relativamente bajos, el organismo más abundante fue el peritrico Vorticella convallaria, esto reafirma que por los valores altos de alcali-

linidad el estanque trabaja con valores de pH cercanos a la neutralidad (53).

La adición de desechos como restos de alimentos, excretas, detergentes, etc. al agua y la vegetación terrestre sumergida, probablemente provocaron en el estanque descensos en el potencial redox (Eh) del agua (cuadros 3 y 4, figura 13), disminuyendo por lo tanto el oxígeno disuelto convirtiéndolo en un medio reductor.

Se compara la curva del potencial redox con la del oxígeno disuelto (45); así que cuando se tienen valores muy bajos de este elemento, el Eh es negativo. Otra causa podría ser la gran cantidad de lodos oscuros del fondo del estanque, ya que liberan sustancias reductoras como ácido sulfhídrico, sales ferrosas, sulfitos, etc. provocando que el agua presente estas condiciones (33).

El análisis de componentes principales se llevó a cabo con el fin de conocer que parámetro determina aproximadamente el comportamiento del estanque, con los datos de pH, CO₂, temperatura del agua, potencial redox (Eh), alcalinidad total, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.

El análisis de los eigenvalores (valores característicos), indica, tanto el porcentaje de variación, como el porcentaje acumulado para los componentes más importantes; ordenados en forma descendente.

eigenvalor	por ciento de variación (%)	por ciento acumulado (%)
2.1814	27.27	27.3
1.6193	20.24	47.50
0.9883	12.35	59.9
0.9412	11.17	71.6
0.8018	10.02	81.7
0.6407	8.01	89.7
0.4398	5.50	95.3
0.3871	4.84	100.0

Los valores sobresalientes de esta análisis están dados por el coeficiente de factores para cada uno de los parámetros:

parámetro	componente 1	componente 2
pH	-0.2258	-0.2249
CO ₂	0.3132	-0.061
Temperatura	-0.0402	-0.4787

Pot. redox	0.0394	0.3685
Alcalinidad	0.322	-0.2081
NO ₃	0.3022	-0.3703
D.B.O.	-0.1309	-0.3703
D.Q.O.	-0.3067	0.023

Al graficar los componentes 1 y 2 (figura 17), muestra que los valores ubicados en los extremos de los ejes, son los más significativos (26).

Para el componente 1, se encuentra a los parámetros D.Q.O. CO₂ y NO₃ y para el componente 2 a la temperatura, al potencial redox y la D.B.O.

Al observar la figura 17, se nota que el parámetros más alejado del eje, es la temperatura, después la D.B.O. y el Eh, pertenecientes al componente 2; y para el componente 1 la D.Q.O. el CO₂ y los NO₃.

Si se analizan estos resultados, se tiene que la temperatura es fundamental para el funcionamiento del estanque, esto se explica porque este parámetro tiene un gran efecto sobre el metabolismo celular, los hábitos reproductivos, los procesos de aclimatación y adaptación y a los cambios en la densidad de las poblaciones. En la figura 17, se observa que también la D.B.O. es de gran trascendencia, puesto que al aumentar la temperatura, la D.B.O. también se incrementa (figuras 10 y 12), este valor para la demanda bioquímica de oxígeno, provoca que los protozoa

rios ciliados disminuyan en número (figura 10), sucediendo este hecho en los meses con altas temperaturas, como son, septiembre y octubre, observandose la presencia de sólo tres especies (figura 5), Cyclidium glaucoma, Tetrahymena vorax y Vorticella microstoma; la primera y tercera especies son indicadoras de condiciones alfa-mesosaprobias y la segunda de condiciones polisaprobias, haciendose notar que bajo estas condiciones se detectó su presencia.

También puede observarse el comportamiento antagónico entre la D.B.O. y la D.Q.O., efecto mencionado anteriormente.

El potencial redox, otro parámetro importante para el componente 2, muestra que mientras la temperatura y la D.B.O. aumentan, el Eh disminuye (figuras 12 y 13).

Si se grafican los puntos dados por el coeficiente de factores para cada muestreo acumulandolos sobre una línea (figura 18), se observa una tendencia a acumularse sobre el componente 2; ya que éste toma en cuenta a la temperatura y a la D.B.O. (banda más ancha), mientras que aquellos puntos o muestreos determinados por las concentraciones de CO_2 y D.Q.O. son pocos, - es decir menor distribución de puntos.

Como anexo de este trabajo, se analizó la sucesión de protozoarios ciliados del estanque en el laboratorio.

En la primera observación de cada muestra, los organismos predominantes fueron las bacterias, flagelados y ciliados en menor número. Durante las cinco semanas siguientes determinó una sucesión similar a la propuesta por Woodruff (1912) y Curds (1969), consistente en la siguiente ordenación (figura 16): Aparición de un gran número de bacterias y protozoarios flagelados y algunos ciliados, probablemente por un aporte reciente de materia orgánica; al pasar el tiempo, el patrón se invierte, aparece en mayor número el grupo de ciliados, tienden a disminuir las bacterias y los flagelados tienden a desaparecer, quizá por que se ha llevado a cabo una depuración del efluente.

Para el estanque se encontró la sucesión siguiente: Flagelados como Trepomonas agilis, Bodo saltans, Bodo caudatus, Bodo edax, Polytoma uvella, Euglena viridis, Euglena proxima, Euglena pisciformis, Chloromonas sp.; Ciliados holotrícos: Tetrahymena vorax, Tetrahymena pyriformis, Spathidium spathula, Cyclidium glaucoma, Paramecium caudatum, Paramecium aurelia, Aspidisca costata, Litonotus fasciola, Amphileptus claparedi, Didinium balbianii, Stylonychia putrina y peritricos como: Vorticella microstoma, Vorticella convallaria, Carchesium polypinum, como el grupo más frecuente y abundante en el estanque.

En la figura 15 se muestra que en la primera revisión se

encontraron pocas especies ciliadas, y al transcurrir el tiempo aumentó el número de especies así como su abundancia al encontrar bacterias en el medio, ya que la mayoría sigue este régimen alimenticio (12).

Observando el muestreo de el 7 de marzo (en la figura 15 como puntos), y siguiendo a la especie Vorticella convallaria (sp. 4), no se reporta en la primera revisión, sin embargo, en las restantes sí; lo mismo sucede para Paramecium caudatum (sp. 2) y Didinium balbianii (sp. 6); y lo contrario para Carchesium polypinum (sp. 1), que aparece en la primera semana de revisión, pero no sucede así en las siguientes.

De esta manera puede seguirse para los otros muestreos del ejemplo, demostrando que para todos los organismos existe una sucesión en la que se observa un cambio en la población, que puede traducirse en un progreso en la purificación del agua (20), debida principalmente a los protozarios ciliados (49).

Conclusiones.

Se determinaron a lo largo de los muestreos 14 especies representantes del phylum Ciliophora, todas ellas indicadoras de contaminación orgánica, así lo indica su presencia en el estanque de estabilización de Sto. Tomás Atzingo, Méx.

Al caracterizar biológicamente la calidad del agua del estanque, se determinó un grado de saptobiedad alfa-mesosaprobio, es decir, contaminación fuerte por materia orgánica.

El estanque de estabilización tiende a funcionar anaerobicamente, aunque se indica la presencia de protozoarios ciliados facultativos.

Se encuentra que el organismo más abundante es Cyclidium glaucoma, presente en todas las estaciones y en la mayoría de los muestreos, siguiendo las especies Vorticella microstoma y Vorticella convallaria, estas tres especies con el mismo grado saprobio alfa-mesosaprobio.

Los protozoarios ciliados como indicadores de la calidad del agua del estanque, otorgan resultados parecidos a los reportados en los datos fisicoquímicos y otros estudios biológicos.

La temperatura y la demanda bioquímica de oxígeno, muestran ser lo parámetros más importantes para la abundancia y frecuencia de los protozoarios ciliados.

PROTOZOARIOS CILIADOS ENCONTRADOS EN EL ESTANQUE Y AMBITOS DETERMINADOS

DURANTE LOS MUESTREOS. C U A D R O 1

Clasificación del Phylum: LEVINE, N.D. et.al. 1980. A newly revised classification of the protozoa. The committee on systematic and evolution of the society of protozoologist. Journal Protozool. 27(1):37-58.

CLASIFICACION	ORGANISMO	NUMERO	TAMAÑO (micras)	TEMPERATURA (°C)	PH	VALOR SAPROBIO
Clase: Kinetofragminophorea (de Puytorac, et.al. 1974) Orden: Peritrichida (Stein, 1859), Fam. Vorticellidae (Ehrenberg, 1838).	<u>Carchesium polypinum</u> (Linnaeus)	1	100 u	15.5- 13.7	7.2- 8.1	α meso-saprobio (Liebmann, 1967)
	<u>Vorticella microstoma</u> (Ehrenberg)	11	65 u	14.3- 16.0	6.5- 7.9	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Fam. Vorticellidae (Ehrenberg, 1838)	<u>Vorticella convallaria</u> (Linnaeus)	4	75 u	11.5- 16.0	7.0- 8.4	α meso-saprobio. (Liebmann, 1962)
Orden: Protostomatida (Corliss, 1974) Fam. Didiniidae (Poché)	<u>Didinium balbianii</u> (Fabrè-Domergue)	6	80 u	10.8- 14.6	7.1 8.3	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Orden: Gymnostomatida (Butschli, 1889) Fam. Amphileptidae (Butschli)	<u>Amphileptus claparedi</u> (Stein)	9	130 u	14.8- 16.0	7.9- 8.9	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Orden: Haptorida (Corliss, 1974) Fam. Spathidiidae (Kahl)	<u>Spathidium spathula</u> (Müller)	10	170 u	11.0- 13.8	7.8- 8.1	β meso-saprobio (Kolkwitz, 1950)

Orden: Gymnostamati- da (Butschli, 1889) Fam. Amphileptidae (Butschli)	<u>Litonotus</u> <u>fasciola</u> (Ehrenberg)	13	98 u	11.3- 14.7	7.0- 8.3	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Clase: Olygohymeno- phorea (de Puytorac et. al. 1974)	<u>Paramecium</u> <u>caudatum</u> (Müeller)	2	98 u	14.5- 17.6	8.9- 7.6	polisaprobio (Liebmann, 1962)
Orden: Hymenostoma- tida (Delage, 1896) Fam. Parameciidae (Dujardin, 1840)	<u>Paramecium</u> <u>aurelia</u> (Ehrenberg)	3	130 u	12.9- 16.0	7.2- 8.0	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Fam. Tetrahymenidae (Corliss)	<u>Tetrahymena</u> <u>vorax</u> (Kidder)	8	62 u	12.3- 14.6	7.5- 8.5	polisaprobio (Kolkwitz, 1950)
	<u>Tetrahymena</u> <u>pyriformis</u> (Ehrenberg)	12	59 u	10.0- 13.3	7.0- 9.2	polisaprobio (Liebmann, 1962)
Orden: Scuticocilia- tida (Small, 1967) Fam. Cyclidiidae (Ehrenberg, 1786)	<u>Cyclidium</u> <u>glaucoma</u> (Müeller)	5	27 u	11.8- 20.0	7.4- 8.7	α meso-saprobio (Kolkwitz, 1950)
Clase: Polyhymeno- phorea (Jankowsky 1967)	<u>Aspidisca</u> <u>costata</u> (Ehrenberg)	14	35 u	12.3- 14.7	7.4- 9.2	α meso-saprobio (Liebmann, 1962)
Orden: Hypotrichida (Stein, 1850) Fam. Oxytrichidae (Ehrenberg)	<u>Stylonychia</u> <u>putrina</u> (Stokes)	7	145 u	11.2- 17.5	7.1- 8.7	α meso-saprobio (Kolkwitz, 1950)

ESPECIE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	total sp. reg.
1	24	26	2000																1726
2	6849	235	4500	375															775
3	4500		4250	2250	26	10													3077
4	2000	125	3125	500	24	18	13	80								1454	632	5848	8357
5				500	3500	18	34	501			3391	1546	458		7847	2113	1981	31961	
6					2125			1375											194
7								3500											194
8							1500								4451	321	361	4786	1167
9													497						28
10																	875	500	76
11								117	52	53	104	51	27	26	21	8228	5125		26077
12								373	568	645	959	927	074	958	520				7.0
13													607		925				85
14																142			8.0
total especies.	4	3	4	5	3	4	4	2	2	2	2	2	5	2	5	5	3	4	

** = Mes.

CUADRO N° 3
 RESULTADO DE LAS DETERMINACIONES FISICOQUIMICAS POR MES

MES	P.H.	CO ₂ ppm	Temp.°C	Eh mu.	Alc. tot. ppm	D. B. O. ppm	NO ₃ ppm	D.O.O ppm
Febr.	8.1 7.76 7.5	110.0 72.28 48.38	19.0 13.4 9.0	-60.0 -39.5 -20.0	389.5 247.74 0	400.0 249.9 138.0	9.10 2.49 0.075	1726.0 687.22 160.0
Mzo.	8.2 7.4 5.2	101.0 86.4 63.5	15.0 13.13 11.0	-100.0 -46.84 -10.0	391.0 359.2 263.0	776.0 198.9 118.0	27.5 9.28 0	862.0 585.0 431.0
Abri.	8.4 7.81 7.2	118.5 98.5 75.5	17.0 15.1 15.0	-303.0 -65.3 -10.0	398.0 362.9 351.0	583.0 125.55 42.1	4.0 0.643 0	0
Maj.	8.9 7.6 6.5	153.0 112.5 65.0	16.0 13.52 10.0	-110.0 -41.52 0	649.0 355.89 288.0	696.0 184.2 90.0	19.0 3.84 0	1152.0 634.18 384.0
Ago.	8.2 7.46 7.0	58.9 37.7 0	21.0 10.75 6.0	-60.0 -15.5 0	208.0 189.6 145.0	420.0 249.21 61.5	5.3 2.73 0.4	1220.0 656.0 400.0
Sep.	11.4 9.27 7.4	84.48 48.4 11.4	24.0 17.8 15.0	-70.0 -30.1 -20.0	430.0 311.5 138.0	380.0 196.4 100.0	0.2 0.1407 0.07	1040.0 640.0 160.0
Oct.	8.7 7.8 7.3	58.0 33.1 2.6	23.0 18.0 15.0	-100.0 -45.5 -10.0	358.0 237.1 90.0	500.0 268.64 69.0	0.3 0.101 0.05	1656.0 920.8 360.0
Nov.	7.9 7.53 7.1	82.7 61.06 26.4	18.0 13.05 8.0	-50.0 -27.0 0	224.0 200.7 129.0	640.0 248.6 61.0	0.18 0.103 0.005	1520.0 884.4 504.0
Dic.	8.1 7.73 7.4	66.52 39.19 25.34	17.0 14.1 12.0	-60.0 -40.0 -30.0	214.0 208.14 201.0	480.0 199.9 123.0	0.22 0.103 0.08	1840.0 940.0 720.0
Ene	8.5 7.92 7.4	65.82 52.28 25.41	17.0 11.05 9.0	-100.0 -58.0 -30.0	388.5 198.19 93.7	634.0 143.4 59.0	0.375 0.092 0.045	1300.0 671.0 320.0

VALOR MAXIMO
 VALOR PROMEDIO
 VALOR MINIMO

CUADRO N.º 4

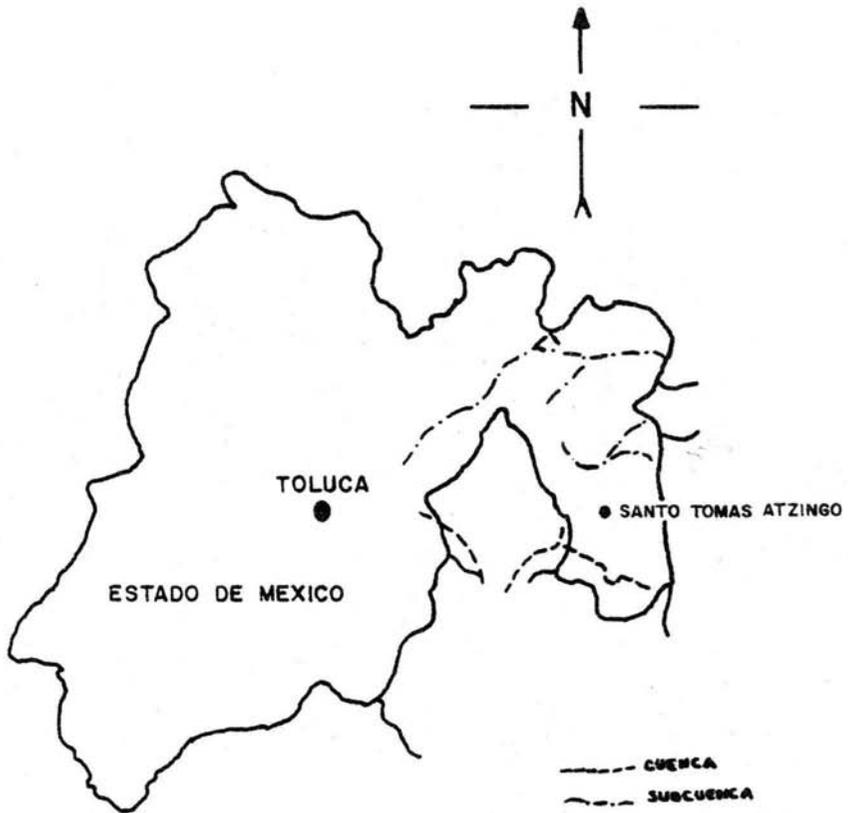
RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FISICOQUIMICAS POR ESTACION

	PH	CO ₂ ppm	Temp. °C Agua	Eh mu.	Alc. tot. ppm	D. B. O. ppm	NO ₃ ppm	D. Q. O. ppm
E	11.4	11.5	20.0	-305.0	389.8	775.0	6.5	1840.0
	8.06	100.35	15.6	-68.22	358.23	470.72	1.28	1079.0
	6.0	0	11.0	-10.0	90.0	240.0	0.10	576.0
I _S	10.8	109.0	23.0	-100.0	415.0	280.0	12.15	1080.0
	7.93	55.50	14.27	-49.83	263.31	181.44	1.94	480.68
	5.9	12.3	9.0	-20.0	153.0	76.0	0	392.0
I _F	10.8	144.0	17.6	-100.0	430.0	270.0	19.0	1224.0
	7.57	58.26	13.5	-30.94	270.5	167.37	2.08	597.47
	5.4	17.6	8.0	0	138.0	55.6	0	400.0
II _S	11.0	103.0	22.0	-80.0	649.0	407.0	12.5	1620.0
	8.01	52.82	13.77	-39.6	277.13	168.18	1.75	575.55
	7.3	20.24	9.0	-10.0	138.0	69.0	0.065	384.0
II _F	10.6	141.0	17.0	-50.0	415.0	280.0	1.2.0	1080.0
	7.5	58.03	12.3	-22.27	271.69	155.0	1.39	547.60
	6.8	22.0	6.0	0	179.1	59.0	0.065	440.0
III _S	10.4	103.0	24.0	-80.0	425.0	353.0	25.0	960.0
	8.0	53.8	14.33	-46.22	266.22	189.89	2.12	546.88
	7.2	23.76	8.0	0	185.0	59.0	0	480.0
III _F	10.6	153.0	16.0	-60.0	420.0	284.0	15.5	1720.0
	7.58	60.16	12.38	-22.12	271.87	169.58	2.39	578.66
	6.8	23.76	6.0	0	180.0	75.0	0	160.0
IV _S	11.0	98.5	21.0	-100.0	420.0	407.0	25.0	1520.0
	8.02	55.68	14.33	-44.05	254.72	186.78	2.19	586.33
	7.2	11.44	8.0	0	0	59.0	0	360.0
IV _F	10.8	137.0	16.0	-40.0	425.0	323.0	12.8	1656.0
	7.15	54.61	11.27	-17.27	257.91	193.06	1.38	665.61
	6.5	13.20	6.0	0	169.0	56.3	0	480.0
S	11.1	109.0	24.0	-110.0	415.0	392.0	27.5	1040.0
	7.47	58.0	16.03	-51.27	244.76	190.0	2.129	424.23
	5.2	2.6	9.0	-10.0	138.0	60.0	0	160.0

VALOR MAXIMO
VALOR PROMEDIO
VALOR MINIMO

CUADRO Nº 5
PRESENCIA DE ESPECIES POR ESTACION

ESTACION MIRANIMAS	E	I _S	I _F	II _S	II _F	III _S	III _F	IV _S	IV _F	S
1	1	1	—	3	2	1	1	2	2	1
2	1	2	3	—	—	1	1	—	—	—
3	4	4	2	2	1	2	3	2	2	2
4	7	5	5	5	4	4	5	4	5	5
5	6	4	1	2	3	1	3	3	3	5
6	1	—	—	—	1	1	1	1	—	1
7	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
8	4	—	3	2	2	1	2	2	—	2
9	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
10	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	7	9	8	9	9	9	8	9	10	9
12	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	1	1	2	—	1	—	—	—	—	1
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Nº ESP. POR ESTACION	41	26	24	24	22	20	24	22	23	27



Localización e hidrografía del poblado de Santo Tomás Atzingo, Mex.

Figura 1

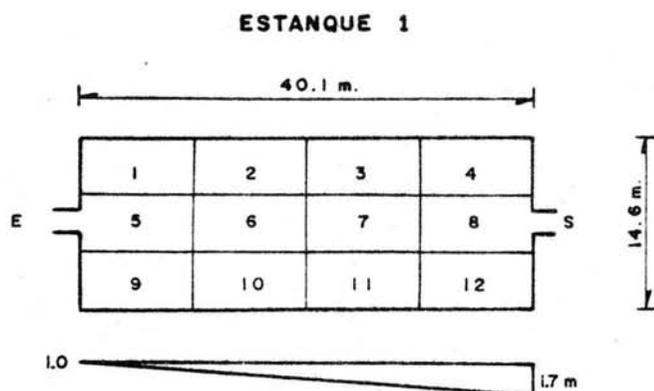


Figura 3

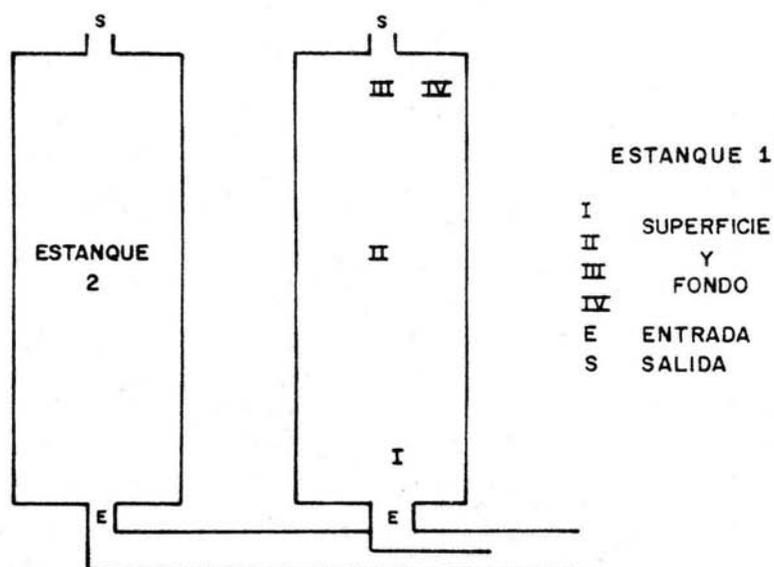


Figura 4

PRESENCIA DE ORGANISMOS vs MESES

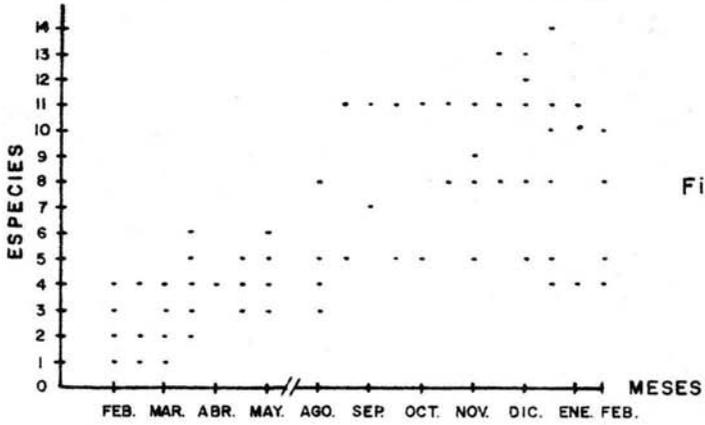


Figura 5

Orden de aparición y duración de los protozoos ciliados durante el desarrollo de este trabajo

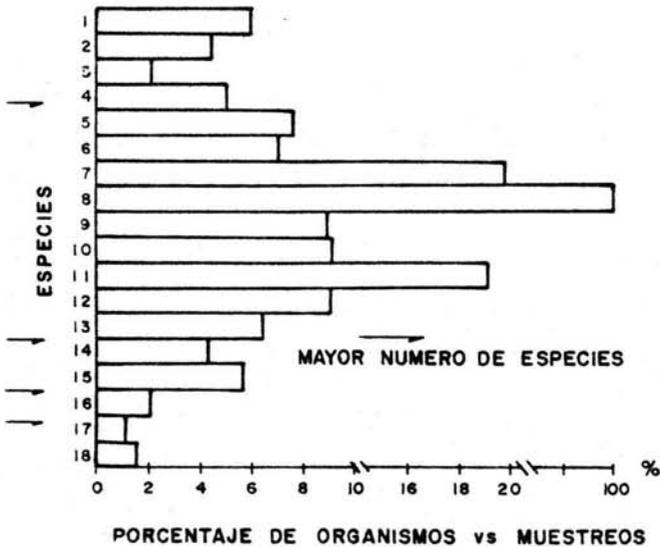
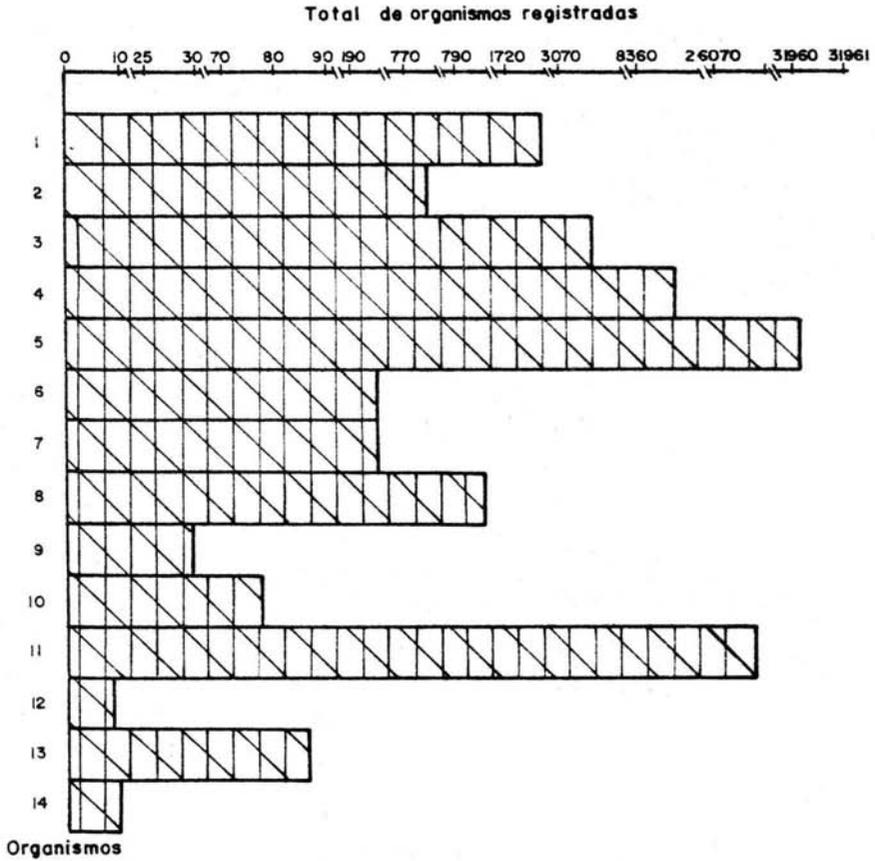
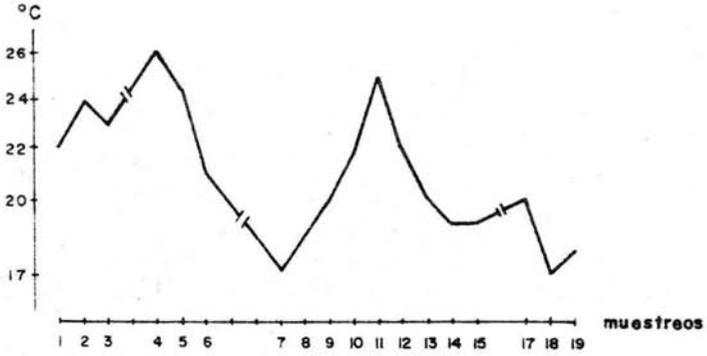


Figura 6



**TOTAL DE ESPECIES REGISTRADAS vs ORGANISMOS
DURANTE LOS MUESTREOS**

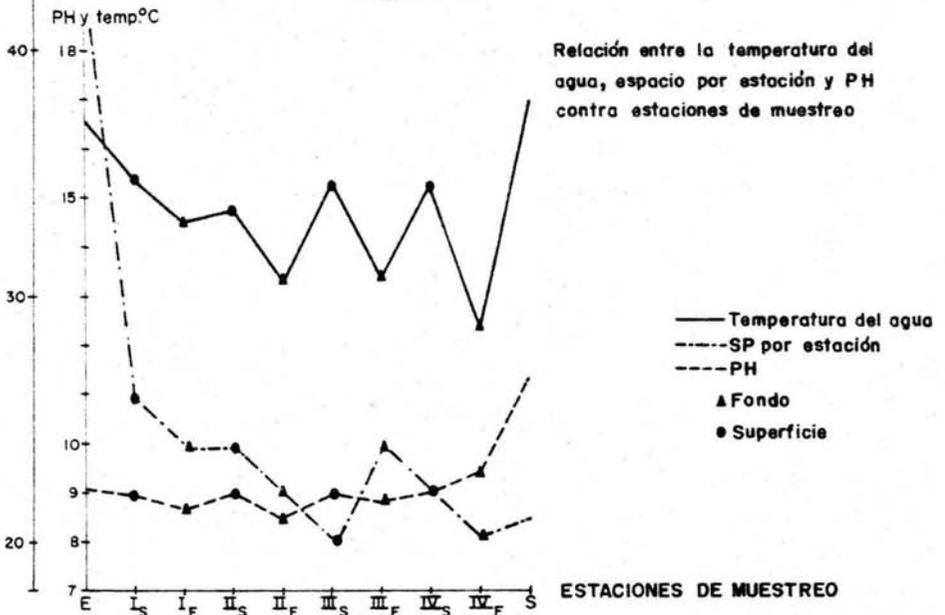
Figura 7



TEMPERATURA AMBIENTE vs MUESTREOS

Figura 8

organismos x estación



Relación entre la temperatura del agua, espacio por estación y PH contra estaciones de muestreo

Figura 9

RELACION PH y TEMPERATURA vs. MESES

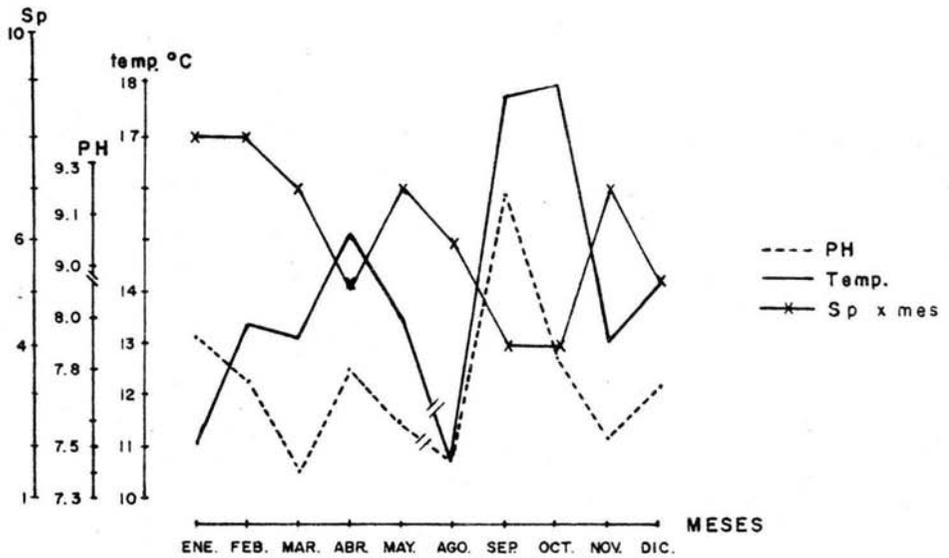


Figura 10

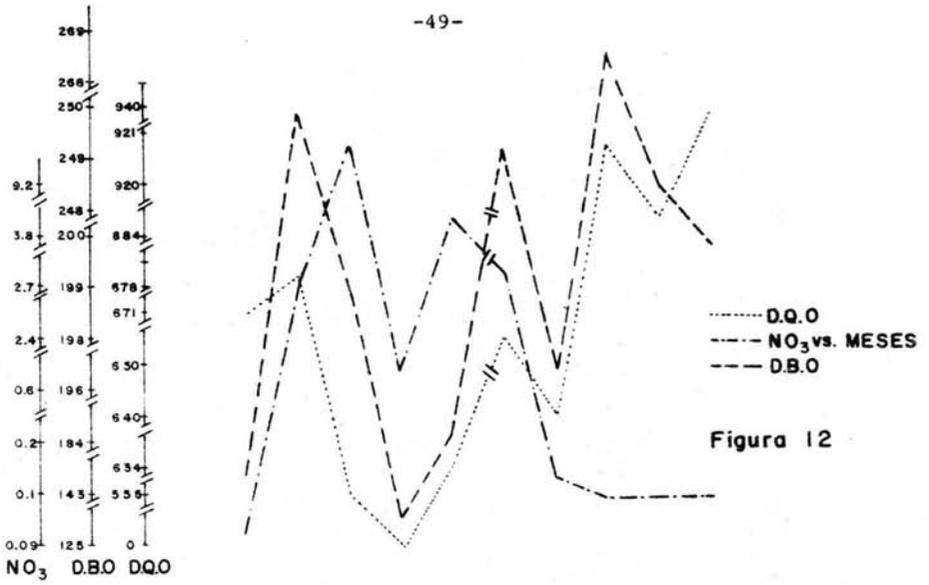


Figura 12

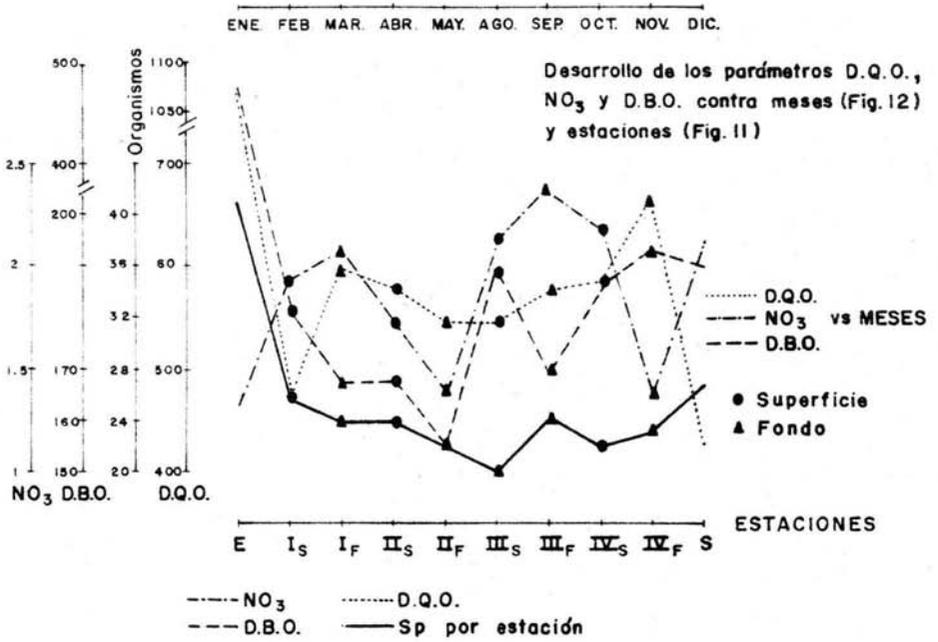


Figura 11

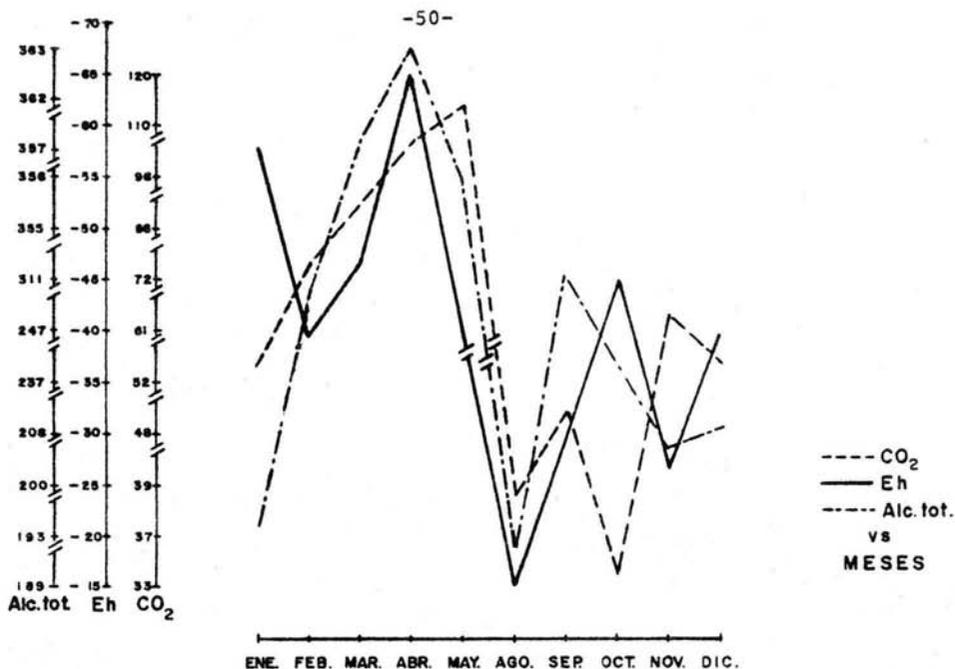


Figura 13

Comparación esquemática de los parámetros, alcalinidad total potencial Redox y CO₂ contra meses (Fig.13) y estaciones (Fig.14)

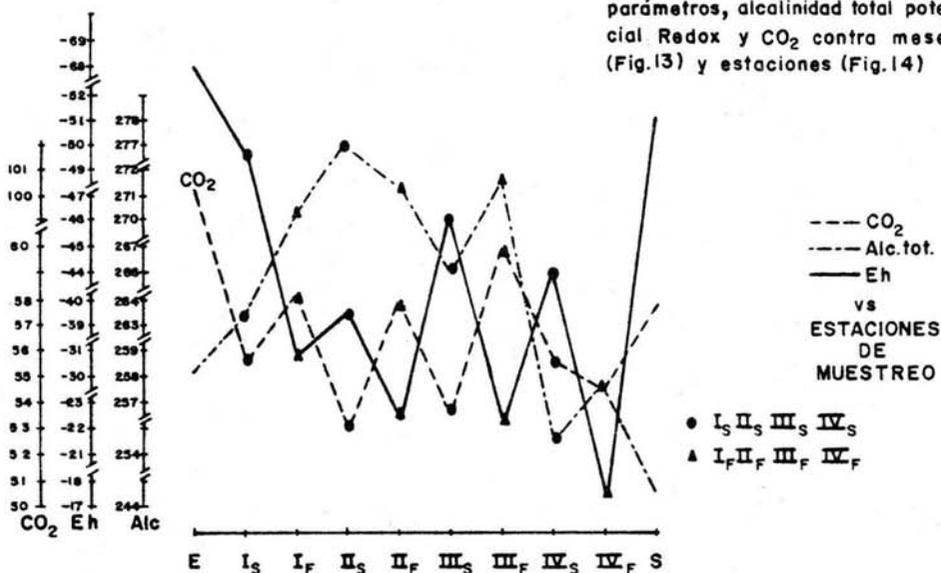


Figura 14

SUCESION EN LABORATORIO

ESPECIES	SEMANAS					fecha	estación
	1	2	3	4	5		
A. COSTATA			Δ	Δ-			
L. FASCIOLA	-						
+ . PYRIFORMIS	-□ Δ	Δ I	-□ Δ I	□ Δ	□ Δ-		
V. MICROSTOMA							
S. SPATHULA						● 7 MAR.	E
A. CLAPAREDI				I	I	□ 3 OCT.	IX _s
+ . VORAX						Δ 7 NOV.	I _s
S. PUTRINA			●	●	●	- 6 DIC.	E
D. BALBIANII				□ +		+ 23 MAY.	III _r
C. GLAUCOMA			●	● I	Δ	I 13 FEB.	II _r
V. CONVALLARIA							
P. AURELIA			●	●	●		
P. CAUDATUM	●						
C. POLIPINUM							

— 1 — 2 — 3 — 4 — 5 SEMANAS
 Aparición de protozoarios ciliados en una sucesion de laboratorio

Figura 15

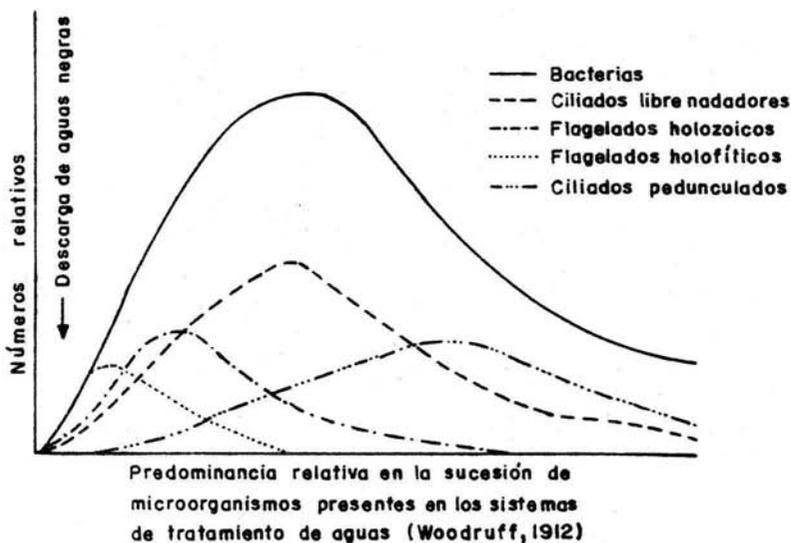
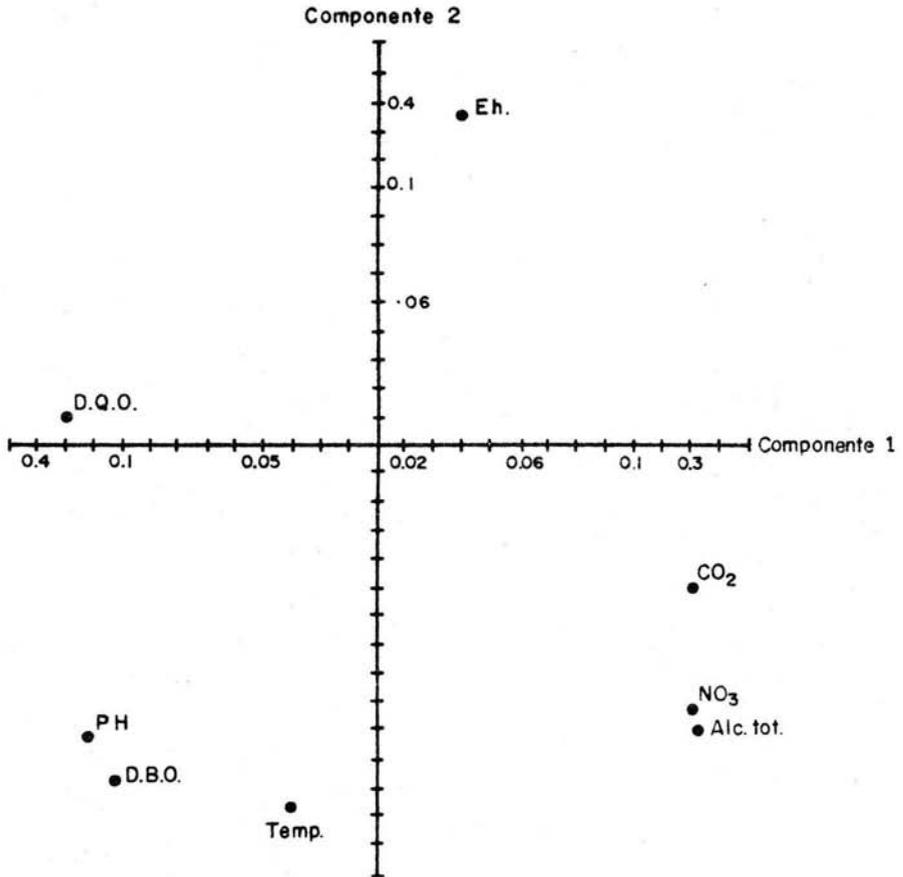


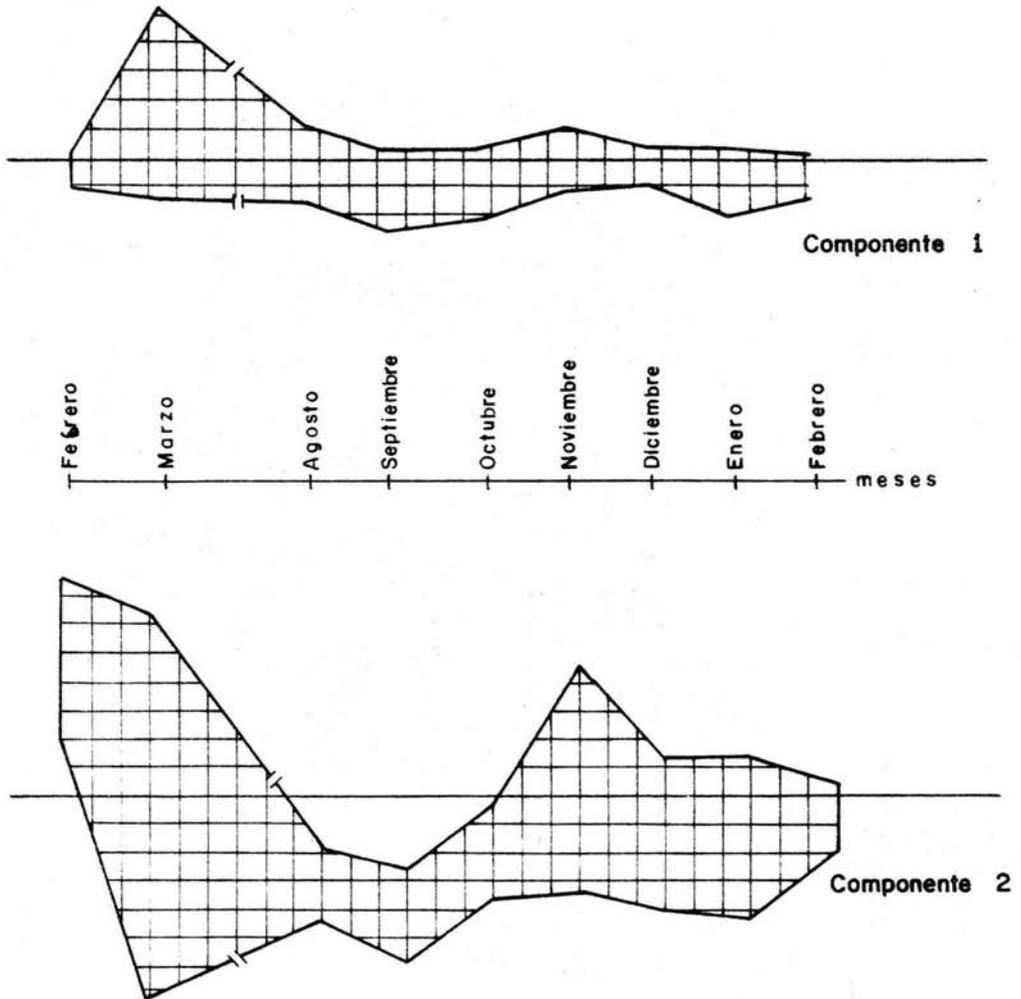
Figura 16



COMPONENTE PRINCIPAL. Figura 17

Que explica el ordenamiento de los parámetros fisicoquímicos involucrados; Los valores colocados en los extremos son los de mayor significancia

Figura 18



Disposición de los meses de muestreo en los componentes 1 y 2 de acuerdo al coeficiente de factores

Referencias bibliográficas.

- 1.- ACEVEDO, C.N. 1983. Determinación de helmintos parásitos en una laguna de oxidación en el Estado de México. Tesis profesional. Facultad de ciencias, U.N.A.M.
- 2.- ARCOS, R.R. 1982. Estudio bacteriológico del género Pseudomonas fluorescens en un estanque de estabilización facultativo ubicado en la localidad de Santo Tomás Atzingo, Edo. de Méx. Tesis profesional. E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M.
- 3.- APHA, AWWA, WPCF. 1980. Standard methods for the examination of water and wastewater. Joint editorial board. 15th. edition.
- 4.- BAINES, S y H.A. HAWKES. 1953. Protozoa as indicators in activated sludge treatment. 12th. Congress Int. Assoc. of Limnol. 25(9) 1023-1033.
- 5.- CARRANCO, B.P. y H.A. HERNANDEZ. 1983. Estudio micológico de una laguna de estabilización en Santo Tomás Atzingo, Méx. Tesis profesional. E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M.
- 6.- C.I.E.C.C.A. 1964. Análisis de agua y aguas de desecho. Manual del curso. 4a. ed. 2:313-314.
- 7.- C.I.E.C.C.A. 1980. Manual del curso de microbiología del agua. 2a. ed. México. 387-395.
- 8.- C.I.E.C.C.A. 1983. Estudios de calidad del agua. Manual de curso, México. Vol. 2.
- 9.- CORLISS, J.O. 1959. An illustrated key to the higher group of the ciliated protozoa, with definition of terms. Journal of protozool. 6(3): 265-281.
- 10.- CORLISS, J.O. 1979. The ciliated protozoa, characterization, classification and guide to the literature. 2nd edition. Pergamonn press. Cambridge, 387 pp.
- 11.- CURDS, C.R. 1965. An ecological study of the ciliated protozoa in the activated sludge process. Water pollution control 67:312-329.

- 12.- CURDS,C,R, y J.M. VANDYKE.1966. The feeding habits and -- growth rates of some freshwater ciliates found in activated -- sludge plants. J.Appl. Ecol. 3:127-138.
- 13.- CURDS,C.R. y A. COCKBURN. 1970. Protozoa in biological se wage treatment processes II. Protozoa as indicators in the ac tivated sludge plants. Water Research. 4:237-249.
- 14.- CURDS,C,R, 1970.Protozoa in biological sewage treatment processes I . Water Research 4:225-236.
- 15.- CURDS,C.R. 1982. British and other freshwater ciliated -- protozoa. Part. I Ciliophora Kinetofragminophorea. Univ. Press. Cambridge 387 pp.
- 16.-DODAKUNDI,G.B. 1975. Waste stabilization ponds. A review - water research lab. India. 191-217.
- 17.- GARCIA,E. 1973. Modificaciones al sistema de clasifica-- ción climática de Köppen. 2a. ed. U.N.A.M. Inst. de Geografía pág. 136.
- 18.-GLOYNA,E.F. 1971. Waste stabilization ponds. World Health Org. Ginebra.
- 19.-HARTMUT,B. 1963 A review of central european methods for the estimation of water pollution levels. Bull. Org. Mond. 29: 401-413.
- 20.- HARTMUT,B. 1973. Population dynamics of ptozoa associa- tes with decay of organic materials in freshwater. Amer.Zool. 13:149-160.

21.- HARTMUT, B. 1972. An illustrated guide to ciliated protozoa used as biological indicators in freshwater ecology. World Health Org. Ginebra. 198 pp.

22.- HONIGBERG, B.M.; W. BALAMUTH; E.C. BOVEE; J.O. CORLISS. 1974. A revised classification of the phylum protozoa. Jour. Protozool. 11(1) 7-20.

23.- HUTCHINSON, G.E. 1975. A treatise of limnology, geography, physics and chemistry of lakes. John Wiley & sons. Nueva York.

24.- JAHN, T.L.; FLOED, J.F. 1980. How to know the protozoa. William C. Brown Co. Iowa.

25.- JAMES, A. y L. EVISON. 1979. Biological indicators of water quality. John Wiley & sons, London. 1:1-15; 2:17-45; 3:46-77.

26.- JEFFERS, N.R. 1978. An introduction to systems analysis with ecological applications. Univ. Park. Press. Baltimore. 100-117.

27.- KOLKWITZ, R. y M. .ARRSON. 1909. Ecology animal saprobia. Int.Rev. of hidrobiol and hidrogeography. 2:120-152.

28.- KUDO, R. 1979. Protozoología. Cia. Editorial Continental, S.A. México.

29.- LEVINE, N.D.; J.O. CORLISS; F.E. COX; G. DEROUX; J. GRAIN.

1980. A newly revised classification of the protozoa. The committee on systematic and evolution of the society of protozoologist. Journ. Protozool. 27(1):37-58

- 30.- LIEBMANN, H. 1962. Handbuch der freschwasser und abwaseer biologie. Alemania. 588 pp.
- 31.- LUGO, V.A. 1984. Estudio cualitativo y cuantitativo de los protozoarios zooflagelados presentes en las aguas negras almacenadas en una laguna de estabilización facultativa. Tesis profesional E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M.
- 32.- MACKINNON, D.L. y R.S. HAWKES. 1961. An introduction to the study of protozoa. Oxford Univ. Press. Londres. 398-447.
- 33.- MAITLAND, P.S. 1978. Biology of freshwaters. Blakie & sons limited. Londres. 12-15.
- 34.- MARA, D.D. 1976. Sewage tretament in hot climates. John Wiley & sons. Gran Bretaña.
- 35.- MARGALEF, R. 1955. Los organismos indicadores en la limnologia. Inst. forestal de investigaciones y experiencias. Madrid.
- 36.- MC. KINNEY, R. 1956. Protozoa and activated sludge. Sewage and industrial wastes. 28:1219-1231.
- 37.- MEGLITSCH, P. 1978. Zoología de invertebrados. H. Blume Ediciones, Madrid.
- 38.- METCALF, G. y L. EDDY. 1979. Wastewater engieneering. Mc. Graw-Hill and service. Nueva York.
- 39.- MITCHEL, R. 1972. Water pollution microbiology. Wiley Interscience. 10:245-272.
- 40.- MORISHITA, I. 1976. Protozoa in sewage waste water treatment systems. Trans. Amer. Micros. Soc. 95(3):373-377.

41.- PENNAK,R.W. 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2nd. ed. Charles C. Thomas publishers. Nueva York. 224-240 .

42.- PESSON,P. 1979. La contaminación de las aguas continentales, incidencias sobre las biocenosis acuáticas. Editorial Mundo - Prensa, S.A. España.

43.- RAMALHO,R.S. 1977. Introduction to wastewater treatment processes. Academic press. Nueva York. 268-272 pp.

44.- RAMIREZ,F.E. 1983. Estudio bacteriológico de Pseudomonas aeruginosa en la laguna de Sto. Tomás Atzingo. Tesis profesional. E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M.

45.- REID,G.K. y R.D. WOOD. 1976. Ecology of inland waters and estuaries. D. van Nostrand Co. Nueva York. 200-203.

46.- RICO-FERRAT,G. 1976. Protozoarios ciliados de México. XXIII, frecuencia de algunas especies que habitan en drenaje doméstico. Rev. Soc. Méx. Hist. Nat. 37:229-232

47.- RICO-FERRAT, G.y E. LOPEZ-OCHOTERENA. 1979. Aspectos biológicos de los protozoarios de las aguas negras de la zona metropolitana de la Cd. de México. Rev. Latinoamer. Microbiol. 21:147-151.

48.- RIVERA,A.F.; A. ORTEGA; E. LOPEZ-OCHOTERENA y M.E. PAZ.

1979. A quantitative morphological and ecological study of protozoa polluting tap water in México City. Trans. Amer. Micros. Soc. 98(3):465-469.

- 49.- S.A.R.H. 1970. Estudio de las lagunas de estabilización - en México. Tecnología del agua. 1-12 pp.
- 50.- SAWYER,C.N. 1970. Chemestry for sanitary engineers. Mc. - Graw-Hill Book. Nueva York.
- 51.- SCHOWOERBEL,J. 1975. Métodos de hidrobiología. Biología del agua dulce. H. Blume ed. Madrid. 199-215 pp.
- 52.-SLADECEKOVA,A. y V. SLADECEK. 1966. The indicator value of some sessile protozoans. Arch. Protistenk. Checoslovaquia. 109-(5): 223-225.
- 53.- SLADECEK,V. 1971. Saprobic sequence within the genus Vorticella. Water Research. 5:1135-1140.
- 54.- SLEIGH,M. 1979. La biología de los protozoos. H. Blume -- ediciones, Madrid.
- 55.- SORIANO,V.S. 1982. Estudio bacteriológico del género Flavobacterium en una laguna de estabilización en Santo Tomás Atzingo, Méx. Tesis profesional, E.N.E.P. Zaragoza,U.N.A.M..
- 56.- SOURNIA,A. 1978. Phytoplankton manual. U.N.E.S.C.O. 185-189.
- 57.- S.P.P. 1982. Datos básicos sobre la población de México. Coord. Gral. de Serv. Nac. de Estadística,geografía e informática. México.
- 58.- TOMASINI,O.P. y LOPEZ-OCHOTERENA,E. 1979. Análisis taxonómico de las especies de protozoarios encontradas en el agua potable de la Cd, de México. Rev. Latinoamer. Microbiol. 21:-147-151.

- 59.- WARD,H. 1959. Freshwater biology. 2nd. ed. Edmonsson - Press. 10:265-297.
- 60.- WETZEL,R.G. 1975. Limnology. Saunders College Pub. Filadelfia.
- 61.- WILBER,C. 1971. The biological aspects of water polluting 2nd. ed. Wiley-interscience, Nueva York. 57-79.