



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios
Profesionales
"Zaragoza"

ANÁLISIS PROTOZOOLÓGICO
(PROTOZOARIOS CILIADOS LIBRE-NADADORES)
EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN FACULTATIVA

T E S I S
Que para obtener el Título de
B I O L O G A
p r e s e n t a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MARIA EUGENIA IBARRA HERNANDEZ



México, D. F.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	PAGINA
I. RESUMEN	11
II. INTRODUCCION	13
III. OBJETIVOS	15
IV. ANTECEDENTES	16
V. AREA DE ESTUDIO	18
VI. DATOS GENERALES DE LA LAGUNA	21
VII. MATERIAL	23
VIII. METODOS	26
IX. RESULTADOS	29
IX.1 RESULTADOS BIOLÓGICOS CUALITATIVOS	
IX.2 RESULTADOS BIOLÓGICOS CUANTITATIVOS	
X. GRAFICAS	56
XI. DISCUSION DE RESULTADOS	66
CONCLUSIONES	71
APENDICE	72
BIBLIOGRAFIA	91

I. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito determinar, contar y correlacionar las especies de protozoarios ciliados libres-nadadores con los parámetros físicos y químicos que predominaron en la laguna de estabilización en Sto. Tomás Atzingo Edo. de México.

Los parámetros físicos y químicos que se le determinaron al agua fueron: temperatura, pH, transparencia al disco de Secchi, oxígeno disuelto, CO₂ libre, alcalinidad total y dureza total.

El estudio se estableció en un período de marzo a diciembre de 1981, efectuándose un total de 14 muestreos quincenales.

Se lograron determinar 9 especies, a saber: Blepharisma lateritium, Colpidium colpoda, Colpidium campylum, Colpoda cucullus, Cyclidium glaucoma, Sathrophilus agitatedus, Paramecium bursaria, Paramecium caudatum y Tetrahymena pyriformis. Cinco de los cuales son clasificados organismos indicadores mesosaprobios y 3 polisaprobios. Todos son consumidores de bacterias y algunos como P. bursaria, C. cucullus y C. campylum también se alimentan de pequeños flagelados.

Se encontró relación entre algunas de las especies determinadas con varios de los parámetros físicos y químicos, a saber: Dureza y C. campylum, C. glaucoma y otros ciliados; alcalinidad y C. campylum, C. glaucoma y 4 especies de ciliados; CO₂ y C. colpoda, C. glaucoma, P. bursaria, P. caudatum y T. pyriformis. La temperatura y el pH del agua también tuvieron cierta influencia con dos especies (tabla 18).

Las especies de protozoarios ciliados libres-nadadores presentados en este trabajo proporcionan al sistema un gran beneficio puesto que son principalmente consumidores de bacterias de aquí su participación en el proceso de autopurificación de la laguna de estabilización.

JUSTIFICACION.

El objeto del presente trabajo es contribuir al estudio de los protozoarios ciliados dentro de las lagunas, los cuales se sabe están presentes en casi todo tipo de agua contaminada, ya que lo revelan varios estudios realizados al respecto (Barnes, 1953; Curds, 1966; Alvarez, 1981). A estos protozoarios se les ha atribuido un papel importante en el proceso de purificación de aguas residuales, aunque existe mucha especulación.

Muchas observaciones han indicado que cuando ciertos ciliados están presentes se induce la floculación de bacterias y materia suspendida dentro de los lodos activados y también se sabe que la actividad depredatoria de los ciliados sobre las bacterias forma un lazo forzoso entre esos dos grupos de microorganismos (Curds, 1966).

Lo dicho anteriormente provoca el interés de ampliar el estudio de los protozoarios ciliados libres-nadadores dentro de los cuerpos contaminados y contribuir a entender el papel que juegan en los sistemas de tratamiento de aguas con el fin de llegar al estado óptimo del proceso de purificación.

Por lo tanto, se estudian los ciliados de estanques de estabilización porque:

- 1) Hay pocos estudios al respecto.
- 2) Los ciliados libre-nadadores pueden servir como indicadores de la calidad de agua.

II. INTRODUCCION

A nivel mundial se han diseñado varios sistemas para tratar de mejorar la calidad de los efluentes contaminados. Para México, que es un país en vías de desarrollo y de acuerdo con su situación geográfica, el tipo de tratamiento más adecuado son las lagunas de estabilización, sobre todo en zonas rurales y en pequeñas poblaciones. (Manual de tratamiento de aguas negras, 1980).

Las lagunas de estabilización proporcionan al agua un tratamiento secundario; físicamente son cuerpos de agua excavados en tierra, poco profundas, que se diseñan con el propósito de tratar aguas residuales siguiendo procesos biológicos. Se les denomina también lagunas de oxidación (Vidales, 1979; Manual de tratamiento de aguas negras, 1980).

En función de la actividad biológica que desarrollan se clasifican en: Anaerobias, Aerobias y Facultativas. Las primeras se comportan como anaerobias a lo largo de toda su profundidad excepto para una zona superficial de poco espesor. Las lagunas aerobias contienen bacterias y algas en suspensión donde prevalecen condiciones aerobias a lo largo de toda su profundidad. En las lagunas del tipo facultativo se presenta una estratificación por zonas, y son: a) zona superficial aerobia; b) zona intermedia parcialmente aerobia y c) zona anaerobia del fondo.

Como ya se mencionó anteriormente, este tipo de tratamiento es el óptimo para México, ya que no requiere maquinaria especializada, su costo de construcción, operación y mantenimiento es bajo, el clima de México es muy apropiado para su mejor eficacia, facilidad en el manejo y operación; finalmente su efluente es de buena calidad, reduciéndose la DBO en un 85 a 95% (Ramalho, 1977). En resumen, nos dá como resultado valiosos rendimientos económicos. (Gloyna, 1971).

La interacción ecológica que se presenta en estas lagunas de estabilización provoca que la materia orgánica sea transformada a un estado más estable, dependiendo principalmente del funcionamiento esperado de la laguna, que está basado en su diseño, el diseño depende a su vez tanto de los factores físicos, químicos y biológicos que prevalecen en la laguna como de los requisitos de descarga o de las normas de calidad del agua para el cuerpo receptor, o el uso potencial que se dará a esa agua tratada.

La acción biológica que se lleva a cabo dentro de la laguna es debida a microorganismos tales como: bacterias, algas, virus, hongos, protozoarios, rotíferos, insectos, etc, para la mayoría se han hecho algunos estudios con el fin de determinar la función que desempeñan en este tipo de procesos.

III. OBJETIVOS

OBJETIVO TERMINAL

Determinar mediante un análisis cualitativo y cuantitativo la presencia de protozoarios ciliados libres-nadadores, pertenecientes al Phylum Ciliophora (Corlis, 1973) en una laguna de estabilización facultativa en el poblado de Sto. Tomás Atzingo, Edo. de México.

OBJETIVOS INTERMEDIOS

- III.1** Aislar y determinar los protozoarios ciliados libres-nadadores presentes en una laguna de estabilización facultativa, por un período de 10 meses y a lo largo de estaciones de muestreo establecidas a lo largo de la laguna.
- III.2** Efectuar el recuento de los mismos protozoarios en el mismo período de tiempo y estaciones establecidas.
- III.3** Relacionar el número de organismos de las especies determinadas con los parámetros físicos y químicos del agua

IV. ANTECEDENTES

Los protozoarios a pesar de ser organismos unicelulares forman un extenso grupo que comprende una gran diversidad de formas y especies, con una estructura celular muchas veces compleja (Gabiño, 1980).

El cuerpo de los protozoarios es morfológicamente una sola célula y manifiesta todas las características comunes a la materia viviente; (Kudo, 1980). Estos pueden ser de vida libre, parásitos, vivir en el suelo, en el agua e incluso en la nieve (Jahn, 1980). De aquí que es posible encontrarlos en aguas de desecho doméstico, municipal e inclusive de tipo industrial.

La naturaleza provee cierto grado de purificación a todas las aguas que hayan sido contaminadas por la introducción de desechos. La velocidad a la que se verifica este proceso depende de la naturaleza y material contaminante, así como de las condiciones y características físicas, químicas y biológicas del agua misma (Manual de tratamiento de aguas 1965).

En general la autopurificación logra eliminar la materia orgánica, la velocidad y eficiencia del proceso está en función de la efectividad de la aereación, de la sedimentación y principalmente del tiempo disponible para que se verifiquen las acciones bioquímicas (Branco, 1984).

La operación de cualquier proceso de tratamiento biológico de aguas de desecho dependen de las reacciones bioquímicas producidas por los microorganismos en el sistema de tratamiento (Mara, 1976).

Las características químicas de los contaminantes en las aguas de desecho determinan qué microorganismos se desarrollan en cualquier sistema de tratamiento biológico de desechos (API 1962).

Entre los organismos unicelulares más importantes tenemos a las bacterias (saprófitas), las cuales pueden metabolizar la mayoría de los materiales orgánicos en las aguas de desecho.

Los hongos juegan un papel importante en la estabilización orgánica bajo ciertas condiciones ambientales; las algas contienen clorofila y utilizan la luz del sol como fuente de energía. Las algas no son importantes en la estabilización de la materia orgánica, pero asisten a las bacterias aerobias y hongos ya que producen oxígeno y proporcionan un ambiente aerobio.

Las bacterias saprúfitas metabolizan la materia orgánica con la producción de dióxido de carbono y amonio como productos finales. Las algas toman el dióxido de carbono, amonio y fosfato y sintetizan nuevas células en presencia de luz solar y como producto final liberan oxígeno. El cual puede ser usado por las bacterias aerobias para oxidar la materia orgánica. Los protozoarios se alimentan en su mayoría de bacterias. La función primaria de los protozoarios es provocar un efluente más claro.

Otras formas de animales encontrados en los sistemas de tratamiento biológico son: rotíferos y crustáceos con una ocasional infestación de nematodos.

V. AREA DE ESTUDIO

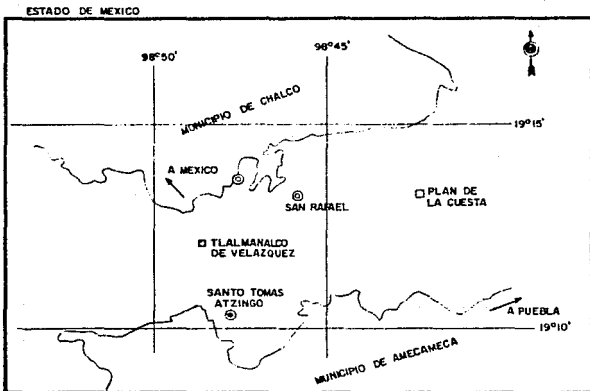
Santo Tomás Atzingo es un pequeño poblado perteneciente al distrito de Chalco, municipio de Tlalmanalco de Velázquez en el Edo. de México. (Mapa 1).

Las coordenadas geográficas son: 19° 12' 10'' latitud norte y 98° 48' 00'' longitud w, altitud media de 2,475 m.s.n.m. El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano C (W₂) (W) (b)g (Köpen modificado por García 1964).

Datos promedio registrados en la estación de San Rafael en el período de observación de 1961-1975 (Secretaría de Recursos Hidráulicos).

FENOMENOS	VALOR
Temperatura media	14.1 °C
Temperatura máxima extrema	29.0 °C
Temperatura mínima extrema	-3.0 °C
Número de días con lluvia	127
Número de días nublados	51
Número de días con helada	23
Mes primera helada	Octubre
Mes última helada	Enero
Número de días con granizo	1
Número de días con tempestades	
Eléctricas	43
Número de días con niebla	17

El municipio de Tlalmanalco está enclavado en la cuenca del Valle de México y la Subcuenca del Lago de Texcoco.



MAPA 1.- UBICACION GEOGRAFICA DEL POBLADO STO. TOMAS ATZINGO, ESTADO DE MEXICO. PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE TLALMANALCO.

El ejido tiene una superficie total de 440 Has. de las cuales 75 son de agostadero y 375 de monte. Este ejido cuenta con agua potable desde 1970 (Fuente de Abastecimiento de Agua Sistema Morelos) y tomas domiciliarias en el 80% de las casas habitación. Existe el servicio de correo, electricidad y autotransportes de 1.ª y 2.ª clase.

El tipo de trabajo que desempeñan los habitantes del poblado es la agricultura (cultivo de alfalfa y maíz) y ganadería (ganado vacuno y lanar). En general en el poblado, no existe fuente de contaminación que sugiera implantar tratamientos de agua sofisticados ya que no existen industrias que generen esa contaminación.

De aquí la conveniencia de instalar este tipo de tratamiento, ya que las lagunas de estabilización tendrán finalmente un mejor funcionamiento al encontrarse bajo estas condiciones.

Los habitantes usuarios de la laguna fueron 900 en 1980 y se calculó que para 1981 el crecimiento futuro de habitantes usuarios sería de 1200. Los desechos que se almacenan en las lagunas de Sto. Tomás Atzingo, son exclusivamente municipales, no existen fuentes de desechos industriales, fertilizantes o plaguicidas que afecten los desechos municipales del poblado.

Es importante aclarar que las lagunas se ubican en las afueras del poblado, para evitar cualquier tipo de molestias como probablemente malos olores.

VI. DATOS GENERALES DE LA LAGUNA.

El sistema consta de dos estanques, cada uno de los cuales tiene las siguientes medidas promedio, 41 m. de largo, 15 m de ancho, y una profundidad máxima de 1.60 m. a través de la cual fluye el agua de desecho, se trata pues de un sistema facultativo, diseñado como forma de tratamiento secundario de desechos de tipo doméstico.

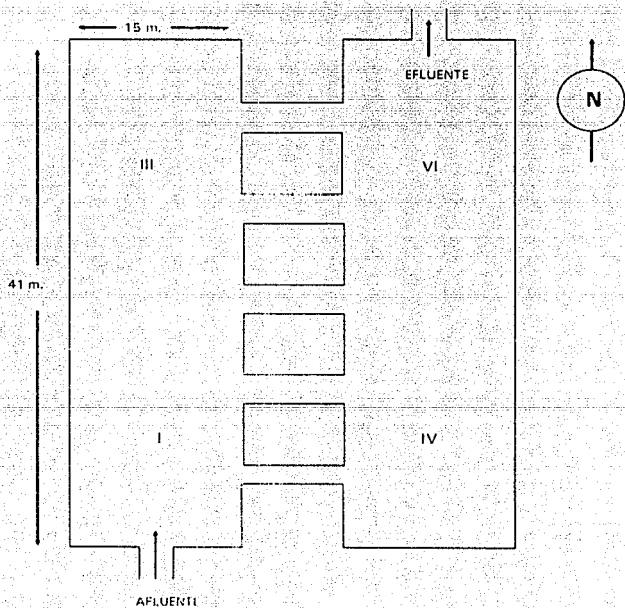
El gasto promedio en la laguna en la entrada es de 0.85 l/seg. y en la salida 0.60 l/seg., su tiempo de retención es de aproximadamente 11.3 días. Estos datos se determinaron en la laguna. El estanque I empezó a trabajar como tal desde marzo, el estanque II hasta septiembre de 1981 ya que se llenó hasta entonces. El uso que se pretendía dar a estas aguas tratadas era de riego principalmente, por lo que no se requería una alta calidad.

UBICACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

En total se establecieron cuatro estaciones de muestreo las que se localizaron a lo largo de la laguna (fig. 1).

Para cada estación se hicieron muestreos verticales de superficie y fondo, además se muestreó afluente y efluente.

FIGURA 1
ESQUEMA DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACION



NOTAS:
- los números romanos indican las estaciones de muestreo
- la laguna tiene una profundidad de 1.6 m

VII. MATERIAL

El material que se empleó en la experimentación se divide en 2 partes, las cuales se describen a continuación:

VII.1 MATERIAL DE CAMPO.

Botellas DBO de 300 ml.
Botella "Van Dorn"
Buretas de 50 ml.
Pinzas para bureta
Cuerda o mecate
Disco de Secchi
Draga "Van Veen"
Embudos
Etiquetas para marcar
Frascos de boca ancha de 1 lt. con tapa
Guantes de hule
Lancha inflable
Libreta de campo y lápiz
Matraz Erlen Mayer
Muestreador "Winkler"
Palangana
Papel PH
Pipetas de 10 ml.
Pisetas con agua destilada
Plumón indeleble
Probetas de 10 y 50 ml.
Propipetas
Soporte universal
Taras
Termómetro escala -10 a 100°C
Vasos de precipitados

VII.2 MATERIAL DE LABORATORIO

Autoclave

Bomba de vacío y trampa

Buretas de 50 ml.

Cajas de petri

Camaras de conteo Neubauer "Assistant Germany"

Prof 1/10 area 1/400 mm²

Centrífuga clínica "Universal Junior"

Cinta adhesiva "masking tape"

Claves para identificación de protozoarios

Embudo de tallo largo y corto

Embudo "Buchner"

Espátula

Estufa de gas

Etiquetas para marcar

Goterros

Gradillas

Guantes de hule

Incubadora

Libreta de laboratorio y lápiz

Marcador indeleble

Matraces Erlen Meyer de 250 ml

Matraces redondos de 500 y 1000 ml.

Mechero de gas

Microscopio de campo claro "Americal Optical"

Papel filtro (#4 y #5)

Pinzas de disección

Pinzas de Mohr

Pipetas de 5 y 10 ml

Pipetas "Pasteur"

Potenciómetro (Corning mod. 3D).

Portaobjetos y cubreobjetos

Probetas de 50 y 100 ml

Tubos de ensaye de 15 ml.
Tubos para centrifuga
Vasos de precipitados de 250 ml.
Varilla de vidrio (agitador)
Vidrios de reloj

VIII. METODOS

Los métodos se separan en Métodos de Campo y Métodos de Laboratorio para su mejor descripción.

VIII.1 METODOS DE CAMPO

RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En el campo se hizo el reconocimiento de la zona de estudio con el fin de definir la manera de trabajar.

DETERMINACION DE LAS ZONAS DE MUESTREO

Se establecieron las estaciones de muestreo a la largo de la laguna, tomando las estaciones I, III, IV, VI, se incluyó afluente y efluente (fig. 1). Para cada estación se muestreo verticalmente, tomando dos niveles, uno en la superficie y otro en el fondo de la laguna.

RECOLECCION DE MUESTRAS

Los muestreos se hicieron de marzo a diciembre de 1981 y fueron quincenales. La hora de toma de muestra fué entre 11:00 y 13:00 hrs. Las muestras se tomaron en frascos de boca ancha previamente esterilizados y marcados.

Para cada estación de muestreo se tomaron dos tipos de muestra, una en fresco, para trabajar con el cultivo y determinación de los ciliados, la otra muestra para análisis de parámetros físicos y químicos, con ayuda de la botella "Van Dorn" (se extrajeron las muestras del fondo).

PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DE CAMPO

Tuvieron que realizarse algunos parámetros físicos y químicos en el campo debido a que las condiciones de la muestra podían cambiar en el trayecto del campo al laboratorio. Entre los parámetros físicos determinados en el campo tenemos, temperatura del agua y temperatura ambiente (termómetro de mercurio, escala -10 a 100°C, con precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$), nubosidad en ‰, transparencia del agua al disco de secchi, pH (papel pH y potenciómetro marca Corning Mod. 3D). Así mismo se determinaron los parámetros químicos y son: Oxígeno disuelto (Método Winkler Modificado), Bióxido de carbono, (Titulación con H_2SO_4), Dureza (Titulación con EDTA) y alcalinidad (Titulación con H_2SO_4) (APHA, AWWA, WPCF, 1980).

VIII.2 METODOS DE LABORATORIO

El análisis de protozoarios se hizo a partir de las muestras en fresco traídas del campo sumergidas en hielo y a partir de estas mismas muestras se hicieron cultivos para ayudar a la determinación de los protozoarios. Se determinaron a los organismos con ayuda del microscopio de campo claro (45x, 100x).

La revisión se hizo con ayuda de la Pipeta Pasteur.

La lista faunística se obtuvo con base a la clasificación propuesta por Levine et al (1980). Las claves empleadas para la determinación de los protozoarios ciliados libres nadadores fueron Jahn (1979), Kudo (1980), Mackinnon y Hawes (1961), Westphal (1978), Sleight (1979), APHA, AWWA, WPCT (1980).

Para el análisis cuantitativo se tomó una gota de la muestra traída del campo (en fresco) con una pipeta Pasteur (0.4 ml) colocándola en un portaobjetos. Se repitió la operación tres veces y se obtuvo un promedio. La cuenta se hizo con un microscopio de campo claro (45X).

Se midió el volumen que contenía una gota de una pipeta Pasteur y de esta gota se hizo el conteo de protozoarios presentes, de aquí se extrapoló a un mililitro. (Método de la gota, modificado por Schlichting, 1954).

El cultivo de protozoarios se hizo con las muestras en fresco traídas del campo, con el fin de ayudar a la determinación de los mismos protozoarios. Los medios de cultivo usados fueron: Chalkey de arroz y de trigo (Mackinnon, 1961 ; Kudo, 1980), Balamuth y Sandza (Kudo 1980) Vickerman (Mackinnon, 1961).

Los cultivos se hicieron en tubos de ensaye previamente esterilizados y marcados, con una proporción de medio de cultivo muestra de 1 : 1. Los tubos se incubaron a 25 °C durante una semana, haciendo observaciones periódicas por semana a fin de registrar la evolución del cultivo.

También se usaron varias técnicas de fijación y tinción de acuerdo con Kudo (1980), Jimenez et. al. (1979), Mackinnon y Hawes (1961). Para cada muestra se siguió la misma técnica durante los 10 meses de experimentación.

Se probó aletargar el movimiento acelerado de los protozoarios ciliados libres nadadores con gelatina en solución y tabaco en solución con el fin de facilitar la observación y determinación de los mismos.

PROCESAMIENTO DE DATOS

Se analizaron los resultados cuantitativos por el método de coeficientes de correlación lineal, considerando un nivel de significancia de 0.1. Los datos incluidos fueron aquellos que se consideraron significativos. Para esto se utilizó el paquete estadístico Statgraphics versión 2.1 año 1986. (Microcomputadora personal).

IX. RESULTADOS

Los resultados se presentan en el siguiente orden : una lista de géneros y especies de los microorganismos determinados. A continuación, otra lista de la clasificación taxonómica de las mismas especies determinadas de acuerdo con Levine et. al 1980).

Posteriormente se reportan las tablas de resultados biológicos cuantitativos.

Continuando, se dan las tablas de los parámetros físicos y químicos que se determinaron en el área de estudio y en el laboratorio. Cabe aclarar que para la determinación de oxígeno disuelto (Método de Winkler), siempre se obtuvo como resultado cero de oxígeno disuelto.

Para el análisis de correlación entre parámetros físicos y químicos con las especies identificadas y entre las mismas especies se presentan dos tablas de coeficientes de correlación con su respectivo nivel de significancia.

IX.1 RESULTADOS BIOLÓGICOS CUALITATIVOS

Se presentan en la lista los géneros y especies encontrados en la laguna de estabilización durante los 10 meses que duró el estudio.

1. Blepharisma lateritium
2. Colpidium colpoda
3. Colpidium campylum
4. Colpoda cucullus
5. Cyclidium glaucoma
6. Sathrophilus agitatus
7. Paramecium bursaria
8. Paramecium candatum
9. Tetrahymena pyriformis

Se presentan en esta lista la clasificación de los protozoarios ciliados libres-nadadores encontrados en la laguna de estabilización en Sto. Tomás Atzingo, Edo. de México. Según Levine et. al. (1980)

REINO PROTISTA.

PHYLUM VII CILIOPHORA (Doflein 1901).

CLASE 1 KINETOFRAGMINOPHOREA de Puytorac, Battice, Bohatier, Corliss, Deroux, Didier, Dragesco, Fryd.-Versavel, Grain, Groliere, Hovasse, Iftode, Laval, Roque, Savoie & Tuffrau 1974.

SUBCLASE 2 VESTIBULIFERIA de Puytorac et al 1974

ORDEN 3 COLPODIDA de Puytorac et. al 1974

GENERO Colpoda

ESPECIE cucullus

CLASE 2 OLYGOHIMENOPHOREA de Puytorac et. al. 1974

SUBCLASE 1 HYMENOSTOMATIA (Delage y Herouard 1896)

ORDEN 1 HYMENOSTOMATIDA (Delage y Herouard 1896)

SUBORDEN 1 TETRAHYMENINA (Fauré-Fremiet, in Corliss
1985)

GENERO Colpidium

ESPECIE colpoda

ESPECIE campylum

GENERO Tetrahymena

ESPECIE pyriformis

SUBORDEN 3 PENICULINA (Fauré-Fremiet in Corliss 1956)

GENERO Paramecium

ESPECIE bursaria

ESPECIE caudatum

ORDEN 2 SCUTICOCILIATIDA (Small 1967)

SUBORDEN 2 PLEURONEMATINA (Fauré-Fremiet in Corliss
1956)

GENERO Cyclidium

ESPECIE glaucoma

CLASE 3 POLYMNOPHOREA (Jankowski 1967)

SUBCLASE 1 SPIROTRICHIA (Bütschli 1889)

ORDEN 1 HETEROTRICHIDA (Stein 1859)

SUBORDEN 1 HETEROTRICHINA (Stein 1859)

GENERO Blepharisma

ESPECIE lateritium

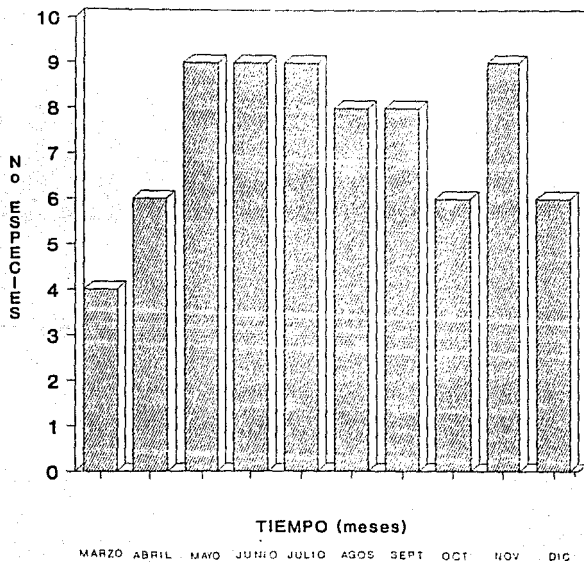
ORDEN 2 ODONTOSTOMATIDA

GENERO Sathrophilus

ESPECIE agitatus

HISTOGRAMA 1

NUMERO DE ESPECIES DE CILIADOS ENCONTRADOS POR MES EN LA LAGUNA



IX.2 RESULTADOS BIOLÓGICOS CUANTITATIVOS

En las tablas que se presentan a continuación se establecen los resultados biológicos cuantitativos, los cuales se determinaron en el período de Marzo a Diciembre de 1981, englobándose los siguientes aspectos: Género y especie, Estaciones de muestreo y número de microorganismos por mililitro.

TABLA	ESTANQUE MUESTREADO	FECHA
1	I	19/MARZO
2	I	23/ABRIL
3	I	13/MAYO
4	I	28/MAYO
5	I	12/JUNIO
6	I	26/JUNIO
7	I	03/JULIO
8	I	21/AGOSTO
9	0	17/SEPT
10	I Y II	25/SEPT
11	I Y II	09/OCTUBRE
12	I Y II	13/NOV
13	I Y II	30/NOV
14	I Y II	09/DIC

SIMBOLOGIA PARA LAS TABLAS

C -- CENTRO

I, III, IV, VI -- ESTACIONES DE MUESTREO

S -- SUPERFICIE

F -- FONDO

AFL -- AFLUENTE

EFL -- EFLUENTE

T A B L A I
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>B. lateritium</i>						
<i>C. colpoda</i>	525	625	890	815		
<i>C. campylum</i>						
<i>C. cucullus</i>						
<i>C. glaucoma</i>	575	437		1530		
<i>S. agitatus</i>						
<i>P. burgaria</i>		650	915	540		
<i>P. caudatum</i>						
<i>T. pyriformis</i>		1217	717	1157		

T A B L A 2
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
ESTACIONES DE MUESTREO	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>B. lateritium</i>	277	215	420	392		187
<i>C. colpoda</i>		1187	1520	1802		
<i>C. campylum</i>						
<i>C. cucullus</i>						
<i>C. glaucoma</i>	927	370			250	
<i>S. agitatus</i>	582	1800		417	387	
<i>P. bursaria</i>	377	327		702	555	815
<i>P. caudatum</i>						
<i>T. pyriformis</i>		540			522	945

T A B L A 3
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>B. lateritium</i>	372	187	320	377		
<i>C. colpoda</i>		430	617	322	517	
<i>C. campylum</i>						
<i>C. cucullus</i>						
<i>C. glaucoma</i>	575	1800		677	1830	
<i>S. agitatus</i>						
<i>P. bursaria</i>	247	712	432	575	740	615
<i>P. caudatum</i>	370	625		507	617	230
<i>T. pyriformis</i>		400	440	472	540	

TABLA 4
ESTANQUE I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>B. lateritium</i>	800		715			117
<i>C. colpoda</i>	540		440	1050		
<i>C. campylum</i>		120	170	427		
<i>C. cucullus</i>	550	1175	645	915		460
<i>C. glaucoma</i>	185	430	315	187		390
<i>S. agitatus</i>		2795	2565	1560		1555
<i>P. bursaria</i>	710		815	465		
<i>P. caudatum</i>		715		820		415
<i>T. pyriformis</i>	715	415	1790	900		

TABLA 5
ESTANQUE I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>B. lateritium</i>	437		1565	1187		317
<i>C. colpoda</i>	790	1050	465	540		802
<i>C. campylum</i>	420	620	315	518		
<i>C. cucullus</i>	320	742	917	517	187	753
<i>C. glaucoma</i>		1610	2040	1715	545	675
<i>S. agitatus</i>					900	
<i>E. bursaria</i>	960	315	1065	907	518	322
<i>E. gaudatum</i>						1320
<i>T. pyriformis</i>	517	410	319	615	540	

T A B L A 6
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A F L	E F L
<i>E. lateritium</i>	585		990			525
<i>C. colpoda</i>	715	1315	1575	1040		
<i>C. campylum</i>	700	620	415	615	820	430
<i>C. cucullus</i>	320	742	900	411		716
<i>C. glaucoma</i>		1615	200	1700		627
<i>S. agitated</i>	197		325			117
<i>E. bursaria</i>	960	510	1020	600		320
<i>E. caudatum</i>		190		323		
<i>T. pyriformis</i>		760		1346	127	315

T A B L A 7
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A P L	E P L
<i>E. lateritium</i>	575	310	420	580		235
<i>C. colpoda</i>		540	690	802		312
<i>C. campylum</i>	187	215	320			187
<i>C. cucullus</i>		317	287	315	522	175
<i>C. glaucoma</i>		1297		1520		
<i>S. agitatus</i>	615	940	802	717		
<i>E. bursaria</i>		187		345		212
<i>P. caudatum</i>	192		318		145	292
<i>T. pyriformis</i>		625		787		

T A B L A 8
E S T A N Q U E I

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS/ml					
	C I S	C I F	C III S	C III F	A P L	E P L
<i>B. lateritium</i>	617	522	417	187	87	112
<i>C. colpoda</i>		320		142		117
<i>C. campylum</i>	312	627	712	815	630	700
<i>C. cucullus</i>	920	785	417	530		
<i>C. glaucoma</i>		147	612	197		
<i>S. agitatus</i>	330		47	100	67	
<i>P. bursaria</i>		410	327	187	45	
<i>P. caudatum</i>						
<i>T. pyriformis</i>		200	120	140	522	65

TABLA 9
ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml							
	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C VI S	A FL	E FL
<u>B. lateritum</u>								
<u>C. colpoda</u>	187	320	417	147	95	65		310
<u>C. campylum</u>		275		310				427
<u>C. cucullus</u>	140	200	100	75	27	12		187
<u>C. glaucoma</u>		317		412	37	50		
<u>S. agitatus</u>								
<u>P. bursaria</u>	302	120	212	317	62	25		
<u>P. caudatum</u>		217	320	140	65	87		
<u>T. pyriformis</u>	427	310	187		322	210		

TABLA 10
ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml									
	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C IV F	C VI S	C VI F	A F L	E F L
<u>B. lateritum</u>	571	317	810	920	322	517	270	727		872
<u>C. colpoda</u>	347	610	212	247	515	417	265	320		17
<u>C. capmylum</u>	710	217	325	140	117	170				183
<u>C. cucullus</u>		120	27	35	45	110				
<u>C. glaucoma</u>		30		47	87	62	72	40		100
<u>S. agitatus</u>										
<u>P. bursaria</u>	77	32		218	60	95		147		85
<u>P. caudatum</u>										
<u>T. pyriformis</u>		147		115	90	222		97		

TABLA 11

ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml										
	ESTACIONES DE MUESTREO	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C IV F	C VI S	C VI F	A F L	E F L
<u>B. lateritum</u>		177	225	142	170		95	110	87		777
<u>C. colpoda</u>			370	215	115		521		210		125
<u>C. campylum</u>											
<u>C. cucullus</u>											
<u>C. glaucoma</u>		340	172	210	320	212	418	327	82		192
<u>S. agitatus</u>			335	422	310	102	205	90	187		32
<u>P. bursaria</u>											
<u>P. caudatum</u>		95	115	82	200	177	360	82	97		
<u>T. pyriformis</u>			100	117	262	610	525	95	82		187

TABLA 12

ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml									
	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C IV F	C VI S	C VI F	A F L	E F L
<u>B. lateritum</u>	570	317	810	920	322	517	270	727		872
<u>C. colpoda</u>	347	610	212	247	515	417	265	320		17
<u>C. campylum</u>	710	217	325	140	117	170				183
<u>C. cucullus</u>		120	27	35	45	110				
<u>C. glaucoma</u>		30		47	87	62	72	40		100
<u>S. agitatus</u>										
<u>P. bursaria</u>	77	32		218	60	95		147		85
<u>P. caudatum</u>										
<u>T. pyriformis</u>		147		115	90	222		97		

TABLA 13
ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml									
	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C IV F	C VI S	C VI F	A FL	E FL
<u>B. lateritum</u>										
<u>C. colpoda</u>		422		515	697	640	207	720	127	219
<u>C. campylum</u>			790	1902		337	552	317	95	87
<u>C. cucullus</u>	190	215	362	487	130	195		210		170
<u>C. glaucoma</u>	223	430	817	1022	155	525	317	97	60	312
<u>S. agitatus</u>		197		310		557	287	360		127
<u>P. bursaria</u>	555	352	520	215		322	110	212	77	87
<u>P. caudatum</u>										
<u>T. pyriformis</u>		77	45	52	85	27		70		57

TABLA 14
ESTANQUE I Y II

GENERO Y ESPECIE	NUMERO DE ORGANISMOS / ml									
	C I S	C I F	C III S	C III F	C IV S	C IV F	C VI S	C VI F	A F L	E F L
<u>B. lateritum</u>										
<u>C. colpoda</u>		712		815	677	540	802	790	188	317
<u>C. campylum</u>										
<u>C. cucullus</u>					310	817	430	190		
<u>C. glaucoma</u>	197	315	527	387	837	732	245			90
<u>S. agitatus</u>										
<u>P. bursaria</u>	347	622	530	447	385	92	182	107		100
<u>P. caudatum</u>		200		217	520	317	190	730		82
<u>T. pyriformis</u>	124	210	142	437	510	400	320	270		80

TABLA 15
PROMEDIO DE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS
ESTANQUE I

NIVEL	PARAMETRO FISICO O QUIMICO REALIZADO AL AGUA	TIEMPO EN MESES									
		MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	TRANSPARENCIA DISCO SECCHI (cm)	4.5	5.5	4.5	5.25	4.25	4.0	4.5	4.25	5.12	5.75
SUPERFICIE	TEMPERATURA (°C)	22	18	18	18	21	21	20	18	16	14
FONDO		--	20	21	20	18	18	20	18	14	14
SUPERFICIE	pH	8.2	7.1	7.1	7.3	7.6	7.8	7.8	7.7	7.7	8.0
FONDO		---	---	7.2	7.2	7.2	7.5	7.8	7.2	7.6	7.5
SUPERFICIE	CO2	--	--	35	55	35	34	35	55	51	54
FONDO	mg/l	--	--	--	55	35	31	34	54	57	48
SUPERFICIE	OXIGENO DISUELTO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
FONDO	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUPERFICIE	ALCALINIDAD	--	--	303	304	243	258	495	372	355	353
FONDO	mg/l CaCO3	--	--	288	303	240	275	332	332	103	286
SUPERFICIE	DUREZA	--	--	45	32	45	57	25	115	125	100
FONDO	mg/l CaCO3	--	--	25	25	55	43	25	55	235	125

T A B L A 1 6

PROMEDIO DE PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS
E S T A N Q U E I I

NIVEL	PARAMETRO FISICO O QUIMICO REALIZADO AL AGUA	T I E M P O E N M E S E S			
		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	TRANSPARENCIA DISCO SECCHI (cm)	5.25 -----	5.00 -----	6.00 -----	5.75 -----
SUPERFICIE FONDO	TEMPERATURA (°C)	21 16	21 18	15 14	14 14
SUPERFICIE FONDO	pH	7.3 7.7	7.3 7.1	7.7 7.9	7.5 6.8
SUPERFICIE FONDO	CO ₂ mg/l	38 42	34 35	71 60	57 69
SUPERFICIE FONDO	OXIGENO DISUELTO mg/l	0 0	0 0	0 0	0 0
SUPERFICIE FONDO	ALCALINIDAD mg/l	358 375	359 299	174 90	282 295
SUPERFICIE FONDO	DUREZA mg/l	71 88	98 93	217 275	117 132

TABLA 17
CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DEL POBLADO

	TIEMPO EN MESES										
	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	
• TEMP. MAXIMA °C	27	33	31	23	23	22	24	23	22	24	
• TEMP. MINIMA °C	4.0	6.0	8	9	7	7	6	5	1	2	
• PRECIP. MAX. (mm)	7.3	11.3	23.0	28.9	48.8	29	27	30.4	11.3	3.7	
• TEMP. MEDIA °C	16.1	17.1	17.7	15.1	14.2	14.3	14.3	14.2	12.2	12.8	
HUBOSIDAD %	20	60	85	75	90	80	0	0	10	20	
# DE DIAS CON LLUVIA	6	10	12	29	28	24	24	16	2	2	

• DATOS PROPORCIONADOS POR LA SUBD. DE HIDROLOGIA (SARH)

T A B L A 1 8

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PARAMETROS
FISICOS-QUIMICOS Y ESPECIES IDENTIFICADAS

D U R E Z A		
GENERO Y ESPECIE	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>C. campylum</u>	-0.1968	0.0928
<u>C. glaucoma</u>	-0.2700	0.0200
<u>P. bursaria</u>	-0.4961	0.0000
<u>P. caudatum</u>	0.4133	0.0003
<u>T. pyroformis</u>	-0.2819	0.0150
A L C A L I N I D A D		
<u>C. campylum</u>	0.2142	0.0668
<u>C. glaucoma</u>	-0.3008	0.0092
<u>S. agitatedus</u>	-0.4033	0.0004
<u>P. bursaria</u>	0.2091	0.0738
<u>P. caudatum</u>	-0.4561	0.0000
<u>T. pyriformis</u>	-0.2811	0.0153

T A B L A 1 8

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE PARAMETROS
FISICOS-QUIMICOS Y ESPECIES IDENTIFICADAS
CONTINUACION

C O 2		
GENERO Y ESPECIE	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>C. colpoda</u>	0.4178	0.0002
<u>C. glaucoma</u>	0.3059	0.0080
<u>P. bursaria</u>	0.1930	0.0994
<u>P. caudatum</u>	0.2535	0.0293
<u>T. pyriformis</u>	0.2028	0.0831
T E M P E R A T U R A		
<u>P. caudatum</u>	0.2043	0.0808
<u>B. lateritum</u>	0.5428	0.0000
p H		
<u>C. glaucoma</u>	-0.2081	0.0752
<u>B. lateritum</u>	-0.3225	0.0051

T A B L A 1 9

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE ESPECIES
IDENTIFICADAS

GENERO Y ESPECIE	<i>S. agitatus</i>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<i>B. lateritum</i>	0.2947	0.0108
<i>C. campylum</i>	0.1961	0.0940
GENERO Y ESPECIE	<i>C. glaucoma</i>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<i>P. bursaria</i>	0.5434	0.0000
<i>T. pyroformis</i>	0.6232	0.0000
GENERO Y ESPECIE	<i>C. cucullus</i>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<i>C. colpoda</i>	0.2809	0.0153
<i>C. campylum</i>	0.4263	0.0002
<i>P. bursaria</i>	0.2869	0.0132

T A B L A 1 9

COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE ESPECIES
IDENTIFICADAS
CONTINUACION

GENERO ESPECIE	<u>C. campyium</u>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>P. caudatum</u>	-0.2009	0.0861
<u>T. pyroformis</u>	-0.2021	0.0841
GENERO ESPECIE	<u>C. colpoda</u>	
<u>P. bursaria</u>	0.2734	0.0184
<u>T. pyroformis</u>	0.2326	0.0462
GENERO ESPECIE	<u>B. lateritum</u>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>P. caudatum</u>	-0.2700	0.0200
GENERO ESPECIE	<u>T. pyroformis</u>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>P. bursaria</u>	0.4069	0.0003
GENERO ESPECIE	<u>P. caudatum</u>	
	COEFICIENTE DE CORRELACION	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
<u>P. bursaria</u>	-0.2260	0.0529

X. GRAFICAS.

En el siguiente apartado, se presentan una serie de gráficas en 3 dimensiones, las cuales muestran el comportamiento de cada una de las especies determinadas a través del tiempo y a lo largo de la Laguna de Santo Tomás Atzingo.

Las estaciones de muestreo están marcadas en las gráficas con números del 1 al 10 y significa:

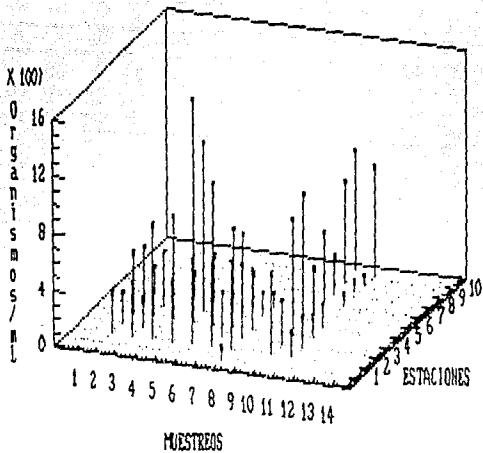
1. Afluente.
2. Centro I Superficie.
3. Centro I Fondo.
4. Centro III Superficie.
5. Centro III Fondo.
6. Centro IV Superficie.
7. Centro IV Fondo.
8. Centro VI Superficie.
9. Centro VI Fondo.
10. Efluente.

En el segundo eje, los muestreos están indicados con números del 1 al 14 y cada número marca la fecha del muestreo de acuerdo con la página 34.

En el tercer eje de las gráficas, se representa el número de organismos encontrados por mililitro.

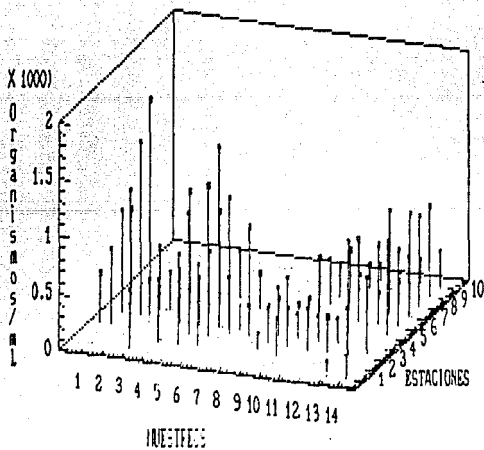
GRAFICA I

Diepharisma lateritium



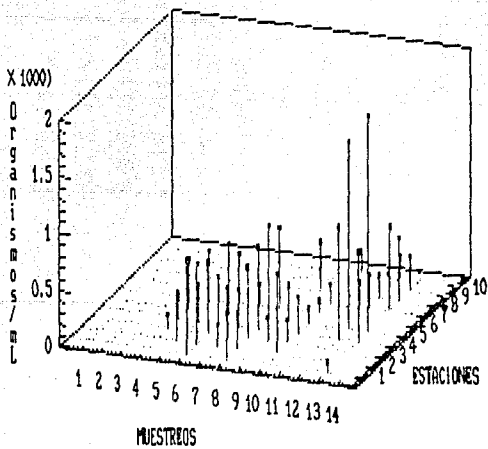
GRAFICA 2

Colpidium colpoda

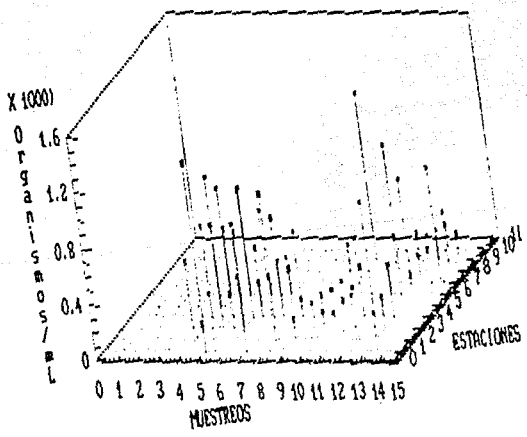


GRAFICA 3

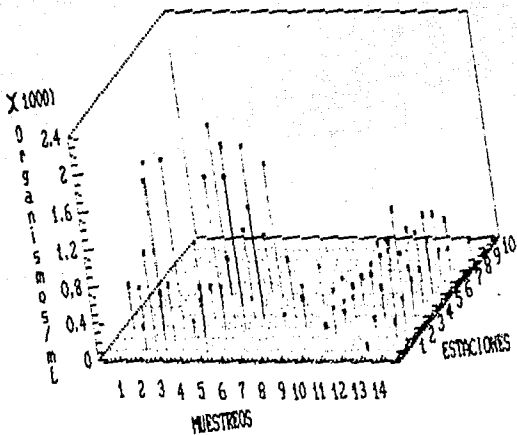
Colpidium campyllum



GRAFICA 4
Colpoda cucullus

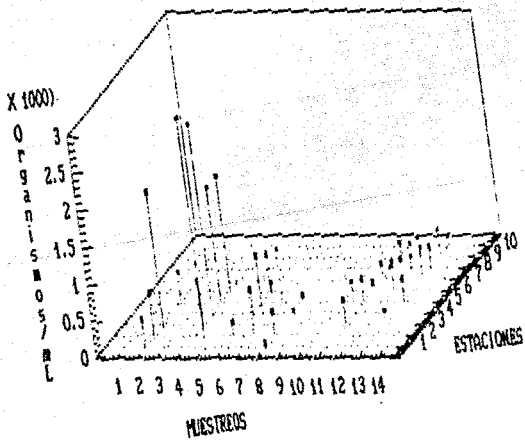


GRAFICA 5
Cyclidium glaucoxa



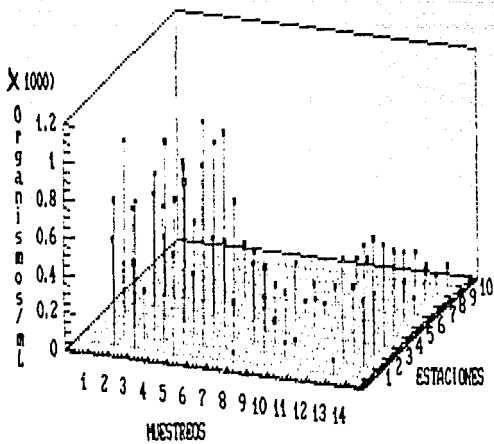
GRAFICA 6

Sathrophilus agitatus

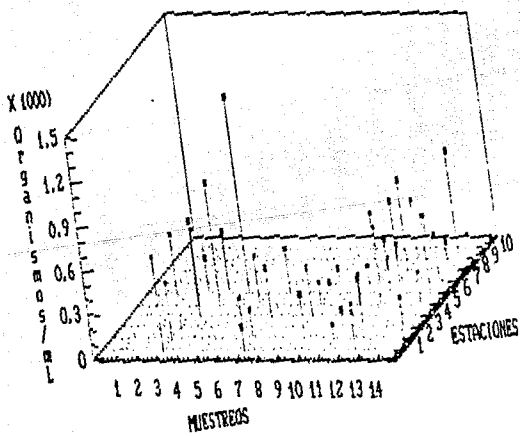


GRAFICA 7

Paramecium bursaria

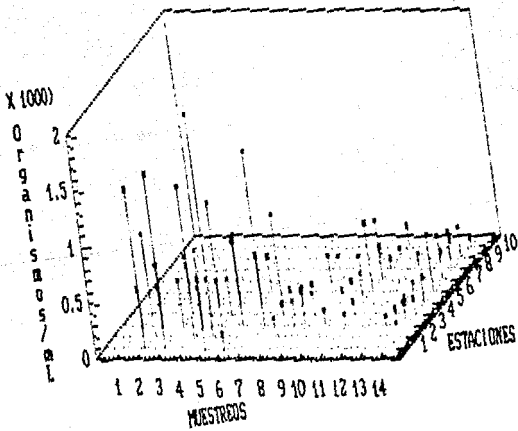


GRAFICA 8
Paramecium caudatum



GRAFICA 9

Tetrahymena pyriformis



XI DISCUSION.

En el presente trabajo se lograron determinar nueve especies de ciliados libres nadadores, los cuales pertenecen a 7 géneros, 5 órdenes y 3 clases. Ninguna de las especies es parasita. De las nueve especies encontradas solo P. lateritium no ha sido reportada en México en sistemas de tratamiento de aguas (Rivera et. al. 1987. Rivera et. al. 1988; Rivera et. al. 1982, Rivera et. al. 1988. Rivera et. al. 1982, Rico Ferrat y López Ochoterena 1976). Las otras especies pueden considerarse como típicas de aguas contaminadas.

Dentro de la composición taxonómica de los ciliados libres-nadadores fue muy notable la influencia de la comunidad del suelo del estanque, pues se encontraron varias especies edáficas típicas como Colpidium colpoda (Alexander, 1977). Lo más probable es que esto se debió a que el suelo de los estanques no estaba impermeabilizado, hecho que facilitó el paso de las especies que habitan en el suelo hacia el agua con la que fue llenada la laguna.

En el presente estudio predominaron las especies devoradoras de bacterias, aunque algunas como P. bursaria y C. campylum son capaces de alimentarse también de flagelados. Solamente C. cucullus además de alimentarse de bacterias y flagelados, también consume algas (Bick 1972).

Los ciliados devoradores de bacterias fueron favorecidos por las altas cantidades de bacterias dispersas presentes en el estanque. Estos ciliados contribuyen al proceso de estabilización, pues controlan el crecimiento de las poblaciones bacterianas, manteniéndolas en una fase de crecimiento exponencial y aumentan la tasa del metabolismo bacteriano (Curds, 1975). También se dice que ayudan a la floculación y a la microcirculación de los líquidos debida a la actividad de sus cilios (Sleigh, 1979).

Las bacterias patógenas pueden estar presentes en las aguas negras que reciben las deyecciones de personas afectadas por enfermedades tales como la fiebre tifoidea, la disentería, el cólera y otras infecciones intestinales. (Manual de tratamiento de aguas negras, 1980). Los mismos protozoarios ciliados libres-nadadores contribuyen a eliminar esas bacterias patógenas ya que también consumen este tipo de bacterias.

Se ha observado que en los lodos activados los ciliados libres nadadores salen del sistema en grandes cantidades a través del efluente (Curds, 1975). Sin embargo, en el presente trabajo los números encontrados son muy elevados (Tablas 1 a 14) por lo que a pesar de los ciliados que salen por el efluente, este grupo todavía representa una parte importante de la comunidad de microorganismos dentro de la laguna.

De acuerdo con Bick (1972) y Sladeczek et. al. (1981) las especies determinadas son en cuanto a sus características saprobias: 2 indicadores de condiciones beta mesosaprobias 4 alfa-mesosaprobias y 3 polisaprobias. Esto indica que las condiciones en el agua del estanque fueron desde contaminación moderada hasta muy intensa. En el caso de T. pyriformis Sladeczek et. al. (1981) considera que esta especie es indicadora de condiciones isosaprobias, un grado mas elevado de contaminación que la polisaprobiedad. Por tanto puede considerarse que algunas veces el tratamiento no era totalmente adecuado pues el grado de la isosaprobiedad tiene como ejemplo típico a las aguas residuales domésticas sin tratamiento (Sladeczek, 1973).

Con el histograma se puede observar que en general la temperatura es una variable importante para la presencia de los ciliados libres nadadores pues durante los meses cálidos del año (mayo, junio y julio) se encontraron el mayor número de especies. En general el incremento de la temperatura tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las poblaciones de ciliados (Bamforth, 1985). Durante la época más fría del año, el número de especies de ciliados mostró mayores fluctuaciones aunque, puede considerarse que la tendencia general fue decreciente. El número de organismos de las especies también fue mayor durante la época cálida del año y disminuye notablemente durante los meses fríos, noviembre y diciembre.

La gráfica 1 muestra claramente que a B. lateritium le afecta una disminución en la temperatura pues en los meses fríos no se encontró y en los meses cálidos si se encontró, aunque con algunas fluctuaciones. La tabla 18 revela una relación directa entre B. lateritium y la temperatura, lo mismo ocurre con C. campylum, en menor grado pero significativo.

Las otras gráficas tridimensionales (Gráficas 2,4,5,7,9) muestran que se presentaron los microorganismos durante todas las épocas del año, aunque C. colpoda, C. glaucoma y T. pyriformis, se aprecian que el mayor número de microorganismos se presentaron en los primeros meses, que se pueden considerar los cálidos del año S. agitatus fue muy irregular, pues se encontró en mayo en grandes cantidades pero hubo varios meses en los que no se le encontró (Gráfica 6).

En general y de acuerdo con las gráficas tridimensionales se puede apreciar que la cantidad de ciliados libres-nadadores para todas las especies es casi cero en el afluente durante el tiempo que duró el estudio, la mayoría de los ciliados se encontraron dentro de la laguna. Esto debido probablemente a que predominaban condiciones anaerobias en el afluente de la laguna y al alto contenido de materia orgánica.

El oxígeno es necesario para que se verifiquen todas las reacciones biológicas y bioquímicas en la degradación y descomposición de la materia orgánica de las aguas negras. Los organismos aerobios son los que hacen este trabajo, si hay oxígeno presente, y es la descomposición aeróbica de los sólidos orgánicos la que tiene lugar. Cuando no hay oxígeno son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción. Por consiguiente, cuando se descargan aguas negras en una corriente, las reacciones resultantes dependen del oxígeno disuelto que contenga el agua. (Manual de tratamiento de aguas negras, 1980). En la tabla 15 se presentan los parámetros físicos y químicos que predominaron en la laguna durante el tiempo que duró el estudio y se puede observar la ausencia total de oxígeno (por el método de Winkler modificado, Standard Methods, 1980, 421, B). De acuerdo con esto se puede suponer que la laguna se comportó predominantemente como anaerobia, o bien, podría considerarse que al tiempo que se producía el oxígeno por las algas fotosintéticas (casi ausentes) y se disolvía una pequeña cantidad de oxígeno en la capa superior de la laguna, al mismo tiempo, la consumían los organismos aerobios, por lo cual, los resultados fueron siempre de cero.

La transparencia al disco de Secehi fluctuó entre 4.0 y 5.75 cm, lo cual revela el alto contenido de materia suspendida, que no permitía el paso de la luz, hacia el fondo de la laguna, impidiendo que se llevaran a cabo las reacciones fotosintéticas y la producción de oxígeno.

Los valores de pH en el agua de la laguna, están casi siempre e el intervalo adecuado, mayor a 7 (Mara D.D. 1976).

El resto de las condiciones ambientales parecieron mostrar una influencia variable sobre las especies de ciliados. La dureza total que puede ser un indicador de las condiciones de dilución del sistema tuvo correlaciones significativas con 5 de las especies (tabla 18). La mayoría de ellos se ven afectados en su número por las durezas elevadas, pero P. caudatum parece preferir las aguas más duras. Un comportamiento similar se presentó con relación a la alcalinidad total, pues la mayoría de las especies presentan números más altos cuando la alcalinidad es más baja. En este caso las excepciones son C. campylum y P. bursaria. La presencia de CO₂ parece tener cierta influencia sobre algunas especies de ciliados sobre todo para C. colpoda y C. glaucoma.

CONCLUSIONES.

1. Una de las conclusiones más importantes es que el sistema nunca se comportó como laguna de estabilización facultativa, sino como laguna anaerobia, ya que los resultados que se reportan de oxígeno disuelto durante los 10 meses que duro el estudio fueron cero.
2. Los protozoarios ciliados libre-nadadores desempeñan un papel importante en el proceso de purificación de las aguas residuales en los estanques de estabilización debido a: a) su capacidad depuradora bacteriofaga, b) su permanencia prolongada en el sistema.
3. Los protozoarios ciliados libre-nadadores pueden servir como indicadores de la calidad del agua en el sistema estudiado. La mayoría de los protozoarios ciliados libre-nadadores encontrados son mesosaprobios alfa o beta, lo cual indica las condiciones del agua tratada.
4. La presencia de los protozoarios ciliados libre-nadadores es el complemento de un todo que incluye a bacterias, hongos, algas, rotíferos protozoarios, insectos, condiciones ambientales, etc.

A manera de sugerencia es probable que las condiciones del agua del efluente se vieran mejoradas si se aumentara el área de los estanques, ya que se provocara mejor entrada de la luz, mayor presencia de algas productoras de oxígeno y más eficiencia en el tratamiento del agua.

Se han diseñado tratamientos de agua con lagunas en serie y sería provechoso y conveniente probar y estudiar este tipo de sistema en Santo Tomás Atzingo.

APENDICE .

Se presentan a continuación algunas características generales y el respectivo diagrama de las especies encontradas en la laguna de estabilización en Sto Tomas Atzingo Edo. México.

Blepharisma (Perty).

Organismos piriformes, en forma de huso o elipsoides algo angostos anteriormente; comprimidos; el peristoma se localiza en el borde izquierdo, el cual está torcido a la derecha hacia el extremo posterior y conectado con el embudo oral por medio de la membrana; enfrente del citostoma y sobre el borde derecho se observa una membrana ondulante con dos capas, las hileras ciliares son longitudinales; la ciliatura es densa; la vacuola contractil y el citopigio son terminales, poseen un macronúcleo está dividido en varias partes; algunas especies tienen color de rosa, viven en agua dulce o en agua salada. Comprende muchas especies.

E. lateritium (Ehrenger).

Organismo de 130-200 μ de largo; piriforme, su macronúcleo es oval, vive entre las hojas en descomposición de agua dulce.

Kudo (1980)

Come bacterias y Detritos

Sleigh.

Organismo beta mesosaprobio

H. Bick WHO/VBC/69.139

Blepharisma lateritium

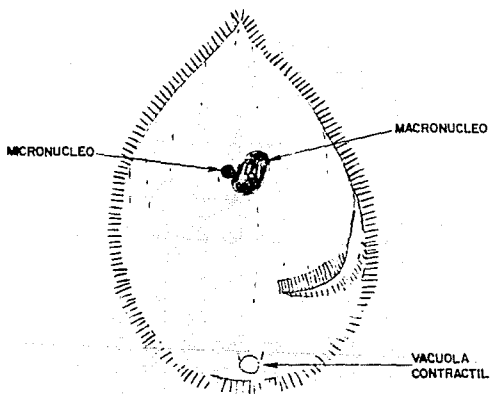


FIG. 2

Paramecium (Hill) Muller.

Los organismos de este género tienen forma de cigarro o de pie son circulares o elipsoides en sección; con un solo macronúcleo y de uno a varios micronúcleos vesiculares o compactos, el peristoma es largo, ancho y ligeramente oblicuo; viven en agua dulce o salobre.

Paramecium caudatum (Ehrenberg).

Este organismo tiene de 180 a 300 μ de largo; con un micronúcleo compacto, un macronúcleo masivo, dos vacuolas contractiles, el extremo posterior es punteado obtusamente vive en agua dulce.

Kudo (1980)

El extremo posterior con un grupo de cilios largos. Cavidad bucal con una membrana endoral y dos peniculos. Consumen bacterias.

Distribución cosmopolita, en agua estancadas y con corriente rica en materia organica putrescible.

TABLA No. 20
Paramecium caudatum

	TOLERANCIA EXTREMA	RANGO OPTIMO
Temperatura	1-35 ^o C	—
PH	4-9.4	0.5-7.5
O ₂ (D.O)	0-12 mg/l	0-1 mg/l
CO ₂ libre	0-200 mg/l	10-25 mg/l

De acuerdo con Liebmann (1962) un organismo indicador alfa-mesosaprobico, por Sramek-Husek's (1954).

Clasificación beta polisaprobico H. Bick. A.3(2.) 1.1-1

Paramecium caudatum (EHRENBERG)

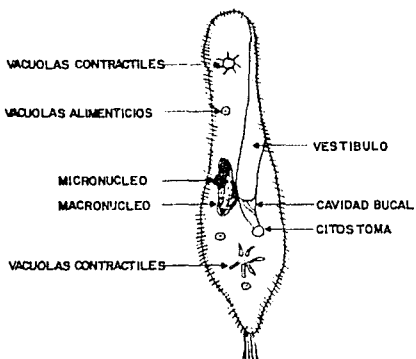


FIG. 3

Paramecium bursaria (Ehrenberg).

Tiene forma de pie es algo comprimido; mide unos 100 a 150 por 50 a 60 μ es de color verde con zooclorelas como simbiontes; tiene un micronúcleo compacto, con macronúcleo; dos vacuolas contráctiles; vive en agua dulce. Kudo (1980).

Ciliatura uniforme excepto por un grupo de cilios largos caudales.

Come bacterias, flagelados. Distribución cosmopolita, se ha encontrado en estanques de oxidación y rios contaminados.

Tabla No. 21
Rangos de Tolerancia Paramecium bursaria

Temperatura	0 - 25 ^o C
pH	6.4 - 8.2
O ₂ (D.O)	0.1 - 11.0 mg/l
CO ₂ libre	0 - 48 mg/l

De acuerdo con Liebmann (1962) un organismo indicador beta-mesosaprobio.

Bick H. encontró que soporta altas concentraciones de NH₄ y muy bajo contenido de oxígeno. H.Bick.

Didinium nasutum caza e ingiere
Paramecium

Sleigh (1979)

Paramecium bursaria (EHRENBERG)

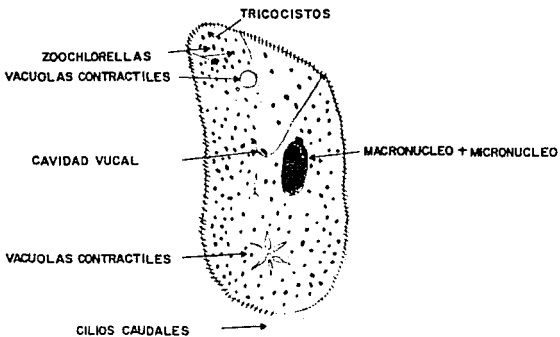


FIG. 4

Sathrophilus (Stokes)

Organismo de cuerpo ovoide o piriforme; comprimidos; el citostoma es tetrahimnal en el cuarto o tercio anterior del cuerpo; el macronúcleo es esférico; la vacuola contractil es posterior; viven en agua dulce.

S. Agitatus (Stokes).

Organismo de cuerpo elipsoidal con los extremos obtusamente punteados; es plástica la estriación es estrecha tiene unas 40 μ de largo, vive en la materia en descomposición en agua dulce.

Kudo (1980)

Colpoda (Müller)

Organismo reniforme; comprimidos; con el borde derecho semicircular; la mitad posterior del borde izquierdo frecuentemente convexo. El citostoma está desplazado hacia la derecha del plano medio, el cual guía hacia una cavidad peristomática y da origen a una ranura diagonal dorsalmente; el borde derecho del citostoma posee una área ciliada pero sin membrana proyectante; el macronúcleo es esférico u oval, en posición central; posee un micronúcleo compacto; vacuola contractil terminal, vive en agua dulce.

Colpoda cucullus (Müller)

Mide de 40 - 110 μ de largo. La quilla anterior tiene de 8 a 10 indentaciones; posee de 29 a 34 ranuras ciliares; los cilios en su mayor parte, se encuentran en pares; el macronúcleo tiene un endosoma estrellado; los tricocistos tienen forma de bastón; generalmente se observan abundantes vacuolas alimenticias, vive en agua dulce con plantas en descomposición. Kudo (1980)

Sathrophilus aglutatus (STOKES)

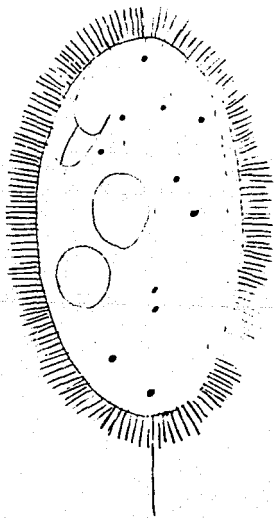
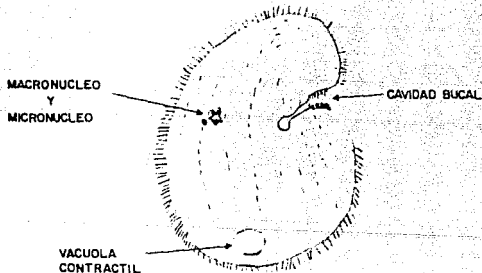


FIG. 5

Colpoda cucullus (O.F. Müller)



VACUOLAS ALIMENTICIAS OMITIDAS.
CILIATURA PARCIALMENTE OMITIDA
MARCADA POR PUNTOS.

FIG. 6

Como Bacterias, pequeños flagelados y algas. Distribución cosmopolita. Frecuentemente abundan en aguas que contienen materiales putrescibles y en aguas de desecho, ríos contaminantes y estanques de oxidación.

TABLA No. 22
RANGOS DE TOLERANCIA Colpoda cucullus

	TOLERANCIA
Temperatura	5 - 30°C
pH	4.4 - 8.6
O ₂ (D.O)	0.4 - 8.0 mg/l
CO ₂ libre	18 - 136 mg/l

De acuerdo con Liebmann (1962) un organismo indicador alfa-mesosaprobio. H. Bick WHO/VBC/68.71

Cyclidium (Müller)

Organismos pequeñas de 15 a 60 μ de largo; ovoides; generalmente con membrana exterior refringente; con un cilio caudal; el perístoma se encuentra cerca del lado derecho; sobre su borde derecho se encuentra una membrana, la cual forma una bolsa alrededor de la ranura citostomal, y sobre su borde izquierdo cilios libres o una membrana que se une con la de la derecha; no se observa abultamiento semicircular, el macronúcleo es redondo con un micronúcleo; la vacuola contractil es posterior; viven en agua dulce o en agua salada. Kudo (1980).

Cyclidium glaucoma (O.F Müller)

Longitud de 15 - 30 μ . Cuerpo ovoide. Un largo cilio caudal. La parte frontal libre de cilios. 10 meridianos ciliares (raramente 11). La membrana ondulatoria es libre aproximadamente a la mitad del cuerpo. El macronúcleo esférico y el micronúcleo están localizados en el extremo anterior del cuerpo. La vacuola contractil está situada en la parte posterior del cuerpo.

Se alimenta de Bacterias.

Ampliamente distribuida, habita zonas polisaprobias de estanques de agua dulce.

De acuerdo a Kolkwitz (1950) un organismo indicador de condiciones alpha-mesosaprobio. H. Bick WHO/VBC/68.55

Tetrahymena (Furgason (1941))

Organismo piriformes pequeños, la ciliatura es uniforme, tiene de 16 a 42 hileras ciliares o meridianos poseen 2 meridianos postorales, la sutura preoral es derecha; el citostoma es pequeño se encuentra cerca del extremo anterior es piriforme; su eje es paralelo al eje del cuerpo, tienen una membrana ondulante sobre el margen derecho del citostoma y tres membranas sobre el lado izquierdo, una sola vacuola contractil; el macronúcleo es ovoide en algunos el micronúcleo ausente, viven en agua dulce o son parásitos.

T. pyriformis (Ehrenberg)

Se han reportado 59 razas o cepas de este organismo; tiene de 40 a 60 μ de largo 17 a 23 meridianos ciliares, el citostoma es piriforme el cual ocupa un décimo de la longitud del cuerpo aproximadamente con o sin micronúcleo; es devorador de bacterias; vive en agua dulce. Kudo (1980).

Cyclidium glaucoma (O.F. Müller)

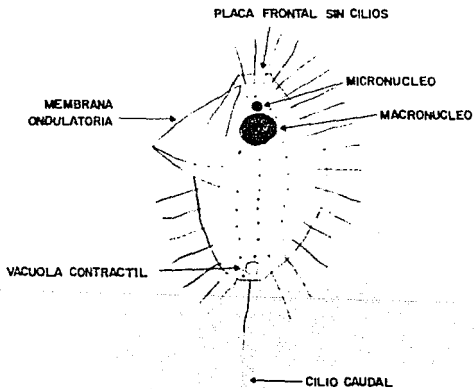


FIG. 7

H. BICK
WHO/VBC/68.55
Pag. II
A: 3. (3) 1.1. - 2
Pag. 2

Tetrahymena pyriformis (EHRENBERG)

VISTA VENTRAL

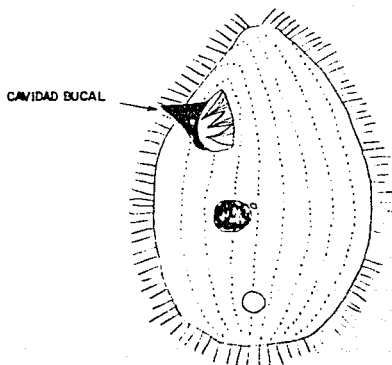


FIG. 8

Distribución cosmopolita agua dulce, Frecuente/ ocurre en aguas que contienen plantas o animales en los cuales la descomposición por bacterias ha comenzado.

TABLA No. 23
RANGOS DE TOLERANCIA DE T. Pyriformis

	TOLERANCIA EXTREMA
Temperatura	1 - 40°C
pH	7.0 - 8.9
O ₂ (D.O)	0 - 10 mg/l
CO ₂ libre	0 - 200 mg/l
NH ₄	0 - 250 mg/l

Organismo indicador polisaprobio (Liebmann 1962) H. Bick

Género Colpidium (Stein).

Organismos reniformes alargados con un número variable de meridianos ciliares, pero típicamente, con un meridiano postoral; el citostoma triangular es pequeño, localizado a un cuarto del extremo anterior hacia el lado derecho, tiene un borde ectoplasmático pequeño a lo largo de la orilla derecha del citoplasma, el cual muestra una membrana ondulante a la derecha y tres membranas a la izquierda, el macronúcleo es redondo, tiene un micronúcleo y una vacuola contráctil, viven en agua dulce, en agua salada, o son parásitos.

Colpidium colpoda (EHRENBERG)

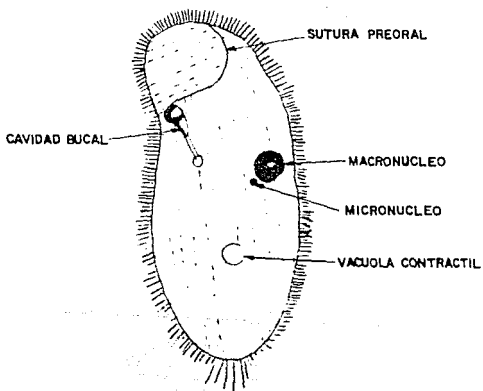


FIG. 9

C. colpoda (Ehrenberg)

Organismos reniforme alargado de 90 a 150 micras de largo, el citostoma mide un décimo de la longitud del cuerpo aproximadamente; tiene 55 a 60 meridianos ciliares la sutura preoral se encuentra curvada hacia la izquierda, el macronúcleo oval es central, tiene un micronúcleo, vive en agua dulce.

Spathidium come Colpidium. Kudo (1980).

Se puede encontrar este organismo en condiciones mesosaprobias.

Colpidium se alimenta de bacterias. Sleigh (1979).

Ciliatura uniforme excepto por unos cuantos cilios caudales ciliatura bucal similar a la de Colpidium campylum. la vacuola contractil está localizada en la parte central del cuerpo cerca de la cara dorsal.

Come bacterias y pequeños flagelados.

Distribución cosmopolita, presente en aguas ricas en materia orgánica putrefacta. Frecuentemente asociado con: Cinetochilum margaritaceum, Colpidium campylum, Glaucoma scintillans, Paramecium trichium, Tetrahymena pyriformis y otros.

TABLA No. 24
RANGOS DE TOLERANCIA DE C. colpoda

	TOLERANCIA
Temperatura	4 - 30°C
pH	6.2 - 8.3
O ₂ (D.O)	0 - 7.2 mg/l
CO ₂ libre	10 - 56 mg/l

Clasificado como organismo indicador polisaprobio por Liebmann y como beta-polisaprobio por Sráneck - Husek (1956). H.Bick.

C. campylum (Stokes)

Organismo reniforme alargado; tiene de 27 a 30 meridianos ciliares; la sutura preoral se encuentra curvada hacia la derecha, tiene de 50 a 70 μ de largo vive en agua dulce y en agua salada. Kudo (1980).

Organismo alargado reniforme algunas veces ovoide. Ciliatura uniforme excepto por un grupo de cilios largos en el polo posterior.

Pequeño cavidad bucal triangular al lado derecho del cuerpo, una membra ondulatoria a la derecha y tres membranas adorales a la izquierda. Un macronúcleo esférico y un micronúcleo en la parte central del cuerpo.

La vacuola contractil cerca del margen derecho.

Come bacterias y pequeños flagelados.

Distribución cosmoplita. Ocurren en aguas ricas de materia orgánica en descomposición.

TABLA No. 25
RANGO DE TOLERANCIA DE *C. campylum*

	TOLERANCIA EXTREMA
Temperatura	4 - 30°C
pH	4.0 - 8.9
O ₂ (D.O)	0 - 11 mg/l
CO ₂ libre	0 - 200 mg/l

Un organismo indicador beta- polisaprobio.

Colpidium campylum (STOKES)

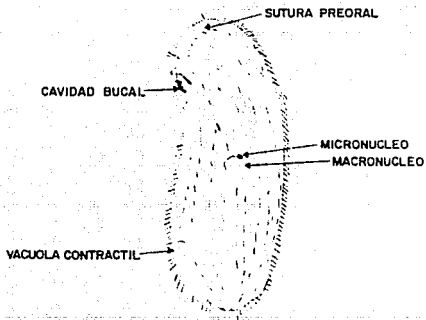


FIG. 10

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXADER M. (1977)
Introduction to Soil Microbiology, 2. ed.
John Wiley and Sons. New York.
2. ALVAREZ MENDOZA SANTIAGO (1981)
Estudio técnico comparativo entre un sistema de lodos activados y lagunas de aereación.
Facultad de Química
Tesis. UNAM.
3. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (1963)
Biological treatment of petroleum. Refinery.
Wastes. March 1963 New York.
4. A.P.H.A A.W.W.A., A.P.C.F. (1980)
Standard Methods for the examination of water and waste water. Joint Ed. Board.
Washington, D. C. 15a. ed.
5. Barnes, Robert D. (1977)
Zoología de los invertebrados. ed.
Interamericana, Mexico.
5. Bick Hartmut. (1972) Ciliated Protozoa.
World Health Organization, Ginebra.
7. BRONCO S.M. (1984).
Limnología Sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales. Sría General de la Organización de los Estados Americanos.
Washington, D.C.
8. Burdon, K. y R. Williams. (1974) Microbiología
Publicaciones Cultural S.A., México.
9. Corlis J. O. (1973)
Protozoan Ecology A note : en su estado actual Amer Zool. 13:143-148.
10. Curds C.R. (1965) An Ecological Study of the Ciliated Protozoa in Activated Sludge.
OIKOS : 15 : II. London.

11. Curds C. R. and Vandyke J. M. (1966)
The feeding habitats and growth rates of some fresh-water ciliates in activated sludge. *Plants. F. appl. Ecol.*, 3, 27-137.
12. Curds C. R. and Cockburn, A. (1968)
An experimental study of the role of the Ciliated Protozoa in the activated sludge Plants *F. appl. Ecol.*, 3, 127-137.
13. Curds C. R. (1970) Protozoa in Biological Sewage Treatment Processes - I. A. Survey of the protozoan fauna of british percolating filters and activated. -Sludge Plants. *Water Research.* 4, 225 -236 Pergamon Press Great Britain.
- 14 Curds C. R. and Cockburn, A. (1970)
Protozoa in Biological sewage - treatment processes - II Protozoa as indicators in the activated - sludge. process. *Water Research.* Pergamon Press. Vol. 4. pp. 237 - 249 Great Britain
15. Curds C. R. (1973) The rol of protozoa in activated sludge process. American Zool.
16. Curds C. R. y H. H. Hawes (1975)
Ecological Aspects of used-water treatment (V. I.) The organisms and their Ecology Academic. Press London N. Y.
17. DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK (1975) Manual de tratamiento de aguas negras. Ed. Limusa. México.
18. DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK (1980) Manual de tratamiento de aguas negras. Ed. Limusa. México.
19. Fenchel Tom (1987) Ecology of Protozoa. U.S.A. Science Tech Publishers.

20. Gavino, G., C. Juárez y Figueroa, H. (1977) Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo. Ed. Limusa.
21. Gloyna, E. (1971). Waste stabilization ponds. World Health Organization. Genova.
22. Jahn, T. L. Bovee, E. C. Jahn Franes F. (1980) How to Know the Protozoa the Pictured Key Nature Series. U.S.A.
23. Jimenez, F., F. Rivera, Tijerina. M. y Martinez A. 1979. Modificación de la técnica de Paul R. Earl para la fijación y tinción de protozoarios. Arch. Mex. Anat., 15: 48-51
24. Jones, A. R. (1974) The Ciliates. London. Hutchinson & C. O.
25. Kudo, R. R. (1980) Protozoología México. Ed. CECSA.
26. Levine N. D., J. O. Corlis., F. E. G. Cox., G. Deroux., J. Grain., B. M. Honinberg, G. F. Leedale, A. R. Loebrich. III, J. Lom, D. Lynn, E. G. Merinfeld, F. C. Page G. Poljansky V. Sprague . J. Vaura. and F. G. Wallace (1980) A Newly Revised Classification of the Protozoa. J. Protozool (27) (1) 1980 pag. 37-58.
27. López Ochoterena, E. y M. T. Roure-Cane (1970) Lista taxonómica comentada de Protozoarios de vida libre de México. Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat. 31:23-68.
28. Mackinnon., D. L. y R. S. Hawes (1961) An introduction to the study of protozoa. Oxford University Press London.

29. Madrazo Garibay Marcela y Eucario López Ochotena. (1982) Segunda lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. Rev. Cat. Amer. Microbiol. 24:281-295
30. MARA DUNCAN (1978).
Sewage Treatment in Hot Climates. New York
John Wiley Sons.
31. Ramalho R. (1972)
Introduction to the waste water treatment processes. Academic Press.
London.
32. Rico, Ferrat. G. (1979)
Aspectos biológicos de protozoarios de aguas negras. (Tesis profesional)
Facultad de Ciencias UNAM.
33. RIVERA FERMIN, CASTRO F., MORENO G., LUGO A.
Protozoa in a biological rotator contactor in México. (1987). Water Air and Soil Pollution. 42, 1-13.
34. RIVERA FERMIN, SANCHEZ M. ROSARIO, LUGO ALFONSO.
Ciliates in a waste stabilization pond system in México. (1987)
Water Air and Soil Pollution. 34, 245-262.
35. SARH. (1976) Análisis de aguas y Aguas de desecho. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica.
4a. Ed. Curso B. Vol. 2, México.
36. SARH (1979) Manual del curso de técnicas de muestreo y análisis de campo. México.
37. SARH (1980) Curso de Microbiología del agua.
Dirección de Protección y Ordenación Ecológica. Vol. 2, México
38. SLADECEK V., ZELINKA M., ROTHSEHEINEJ Y MURAUKOVA V.
Análisis biológico de aguas superficiales
Comentarios a la Norma Estatal 830532
Parte 6. Determinación del índice saprobio

39. Schlichting., H. E., Jr (1954)
Quantitative analyses of phytoplankton
samples.
40. Sleigh. M. A. (1979). Biología de los
Protozoarios. H. Blume Editores, Madrid.
41. Westphal, A. (1977) Protozoos. Ed. Omega
Barcelona.