



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"IZTACALA"

" ESTUDIO DE LOS PROTOZOOS EN UN SISTEMA
DE BIODISCOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES DE COPILCO C. U. "

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:

FRANCISCO CASTRO GUTIERREZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Este es el crepúsculo de mi ayer,
el amanecer de mi mañana,
el punto de partida de nuevos gozos,
el final de viejas penas
Una página limpia en que escribir
los sueños que mi corazón crea
Hoy es el regalo que El meda
esperando que lo tome gozosamente,
Mis pasados errores me son perdonados
El no necesita otra manera mejor
de decirme que puedo tratar de nuevo
El me está dando ! el hoy ! .

Winifred Brand.

Así en el mar del mundo,
el buen piloto,
no exponiendo el bajel a innobles tumbos ,
por donde quiera que el acose,
el noto gana puerto también
Trocando Rumbos

De Campoamor.

Dedicada afectuosamente a :

Padre a tí por siempre mostrarte altivo y desafiante
ante cualquier tormenta , gracias por enseñarme.

Madre a tí por envolverme con tu calor y comprensión
é impulsandome siendo mi amiga cuando desfallecia.

A Ustedes que siempre fuerón puntuales en mi vida

Asunción , Raul , Willi , Marita : A ustedes que
conjuntamente formarón dentro de mi la base y la
fuerza que me ayudo a sobresalir.

Biol. Manuel del Razo Campos, siempre cerca o lejos,
me ha brindado su cariño y su apoyo.

Psic. Virginia Velazco A. solo puedo mencionar que
me da alegría haberte encontrado.

AGRADECIMIENTOS :

- Al Dr. Fermin Rivera Añuero, por haber hecho posible la realización de esta tesis, además de dirigirla y revisarla, que conjuntamente me estimulo y apoyo para mi superación.
- Al Dr. MrYoussef Norouzian, gracias a sus conocimientos y facilidades se pudo llevar a cabo el análisis de los parámetros físico-químicos.
- Al Biol. Javier Alcocer, quien me oriento é hizo sugerencias y observaciones acerca del desarrollo de la presente.
- Al Biol. Manuel Guzmán, gracias por sus conocimientos desinteresados para el desarrollo óptimo de el análisis de resultados .
- Al Biol. José Antonio Martínez, por la revisión de los organismos encontrados, y por sus sugerencias.
- Al Biol. Enrique Ganem, quien me brindo su tiempo para la introducción y procesamiento de datos biológicos en la computadora.
- A los Biologos. Jesus Ponce y Alfonso Lugo quienes me orientaron en el análisis de resultados.
- Al Biol. Jonathan Franco, por su apoyo.
- Al Biol. Roberto Nava. por su colaboración en el desarrollo de los esquemas.
- Evita Tufiño, mil gracias.

- A los compañeros del laboratorio de la UIICSE, por su paciencia ayuda y amistad .
- A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis.

I N T R O D U C C I O N

RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	12
EVOLUCION HISTORICA	15
PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO	
DEL BIODISCO	17
UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO	19
GENERALIDADES DE PROTOZOOS	23
FAUNA ACOMPAÑANTE	25
LOS PROTOZOOS EN EL SISTEMA	
DE BIODISCOS	26
OBJETIVOS	27
MATERIAL Y METODO	27
RESULTADOS Y DISCUSION	32
a) PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	32
O.D.	32
TEMPERATURA	35
ALCALINIDAD Y pH	37
DBO y DQO	39
AMONIO	41
FOSFATOS	42
CLORO	43
COLOR	44
DETERGENTES	45
CONDUCTIVIDAD	46

TURBIEDAD	47
b) PROTOZOARIOS	50
INDICES	65
MARGALEF	65
PANTLE Y BUCK	69
SHANNON	76
CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFIA	83
ESQUEMAS Y ORGANISMOS	

RESUMEN:

El presente trabajo fue realizado en la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria, con la finalidad de efectuar un análisis protozoológico en un sistema de biodisco (aislación e identificación de los protozoarios presentes en el sistema) así como para determinar la posible relación de la comunidad protozoológica con los parámetros físico-químicos tales como: temperatura, oxígeno, alcalinidad, pH, DBO, DQO, NH₃, cloro y fosfato.

Se realizaron un total de trece muestreos en el lapso comprendido entre los meses de abril y noviembre de 1983, efectuando 2 muestreos por mes.

Las especies que se aislaron e identificaron fueron:

Polytoma uvella, Hollande 1942 ; Euglena gracilis, Johnson 1944 ; Astasia klebsi, Christen 1959 ; Peranema trichophorum Ehrenberg 1830 ; Chlamydomonas monadina, Pascher 1928 ; Bodo caudatus , Dujardin 1878 ; Bodo edax, Klebs 1892 ; Cercomonas crassicaudata, Lackey 1925 ; Hexamita inflata, Dujardin 1841 ; Trepomonas agilis, Dujardin 1841 ; - - Didinium nasutum, Müller, Thon 1905 ; Amphileptus claparedei, Lachmann 1924 ; Chilodonella cucullus, Müller 1950 ; Urotricha agilis, Stokes 1843 ; Colpoda cucullus, Burt, Pigiw 1959 ; Paramecium multimicronucleatum, - - Mitchell 1910 ; Cyclidium glaucoma, Müller 1973 ; - -

Vorticella spp, Ehrenberg 1830 ; Vorticella microstoma,
Ehrenberg 1830.

El agua del biodisco presenta predominantemente condiciones aerobias, encontrándose con valores saprobios - que fluctúan entre α mesosaprobio y polisaprobio.

De acuerdo a la frecuencia de estas especies se construyeron gráficas de la calidad de agua y se observó la abundancia en la biopelícula a lo largo de las - estaciones.

INTRODUCCION:

Conforme pasa el tiempo y la contaminación aumenta, el hombre ha llegado a preocuparse por ésta y por hacer investigaciones para protegerse del inminente peligro que significan los desechos antropogénicos que provocan profundos cambios en los parámetros físico-químicos y biológicos del medio acuático receptor. Las previsiones de los diferentes estados de polución exigen un perfecto conocimiento del ecosistema acuático.

Se ha observado que las técnicas de tratamiento de aguas con las que se trabaja son todavía poco satisfactorias para alcanzar estos objetivos (Leynaud, 1979).

El vertido de las aguas residuales presenta una gran variabilidad tanto en caudal como en composición, siendo ésto debido a las diferentes fuentes de procedencia del efluente (industrias, vertidos domésticos, etc.).

Uno de los procedimientos utilizados en el tratamiento de aguas residuales es el sistema de biodiscos. (Leynaud, 1979).

El presente trabajo tiene como finalidad contribuir al conocimiento de los protozoos indicadores de la calidad del agua y su relación con los parámetros físico-químicos en el sistema de biodiscos.

La palabra biodisco significa "disco biológico", que es un dispositivo que desarrolla en sus paredes una película biológica - denominada zooglea, donde los organismos adheridos a ésta permiten una purificación del agua residual. Figs. 1 a la 6. De esta manera el biodisco es un sistema de tratamiento de aguas de película fija, constituido de estructuras plásticas comprimidas de forma circular que forman láminas que se alternan en láminas corrugadas y láminas planas de polietileno de alta densidad. Al centro de los discos se encuentra montada una flecha de acero colocada sobre una base de concreto. Fig. 3. Esta unidad es manejada por un motor pequeño y todo el sistema se encuentra encerrado por una cubierta de plástico para protegerlo del exterior. Fig. No. 4.

La función principal de cualquier proceso que se da en la película fija o biopelícula es actuar sobre las sustancias orgánicas solubles, en este caso los microorganismos, Norouzian(1983). Los microorganismos colonizan las superficies de los discos cuando existe una cantidad adecuada de nutrientes orgánicos, sales minerales y oxígeno. Después los microorganismos se multiplican por varias generaciones y se forma una biopelícula muy compacta Norouzian(1983).

El desarrollo de la película se realiza en tres etapas según Trulear(1977):

1.- Inducción; 2.- Acumulación; 3.- Platea.

La inducción se refiere a la carga de organismos y de bacterias que entran al sistema en la superficie del medio. Por acumulación se entiende la etapa del proceso en que la carga constante provoca un aumento en el grosor de la biopelícula debido a la acumulación de los microorganismos donde las bacterias son las primeras en colonizar. Finalmente, la platea es la condición en la cual la biopelícula mantiene un grosor constante.

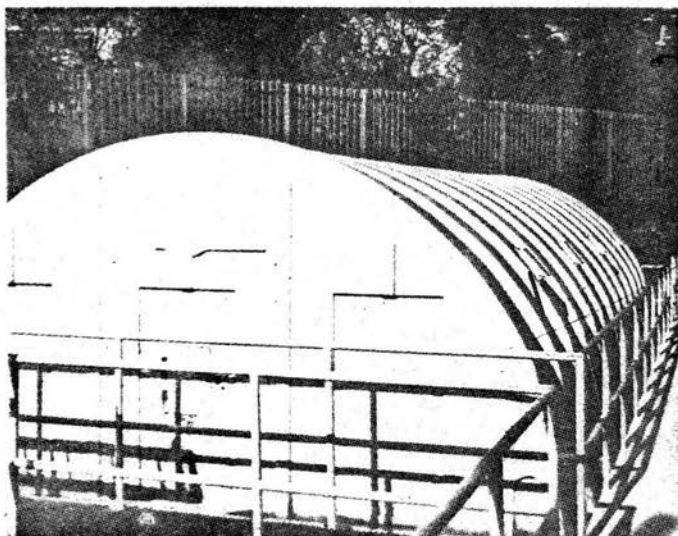
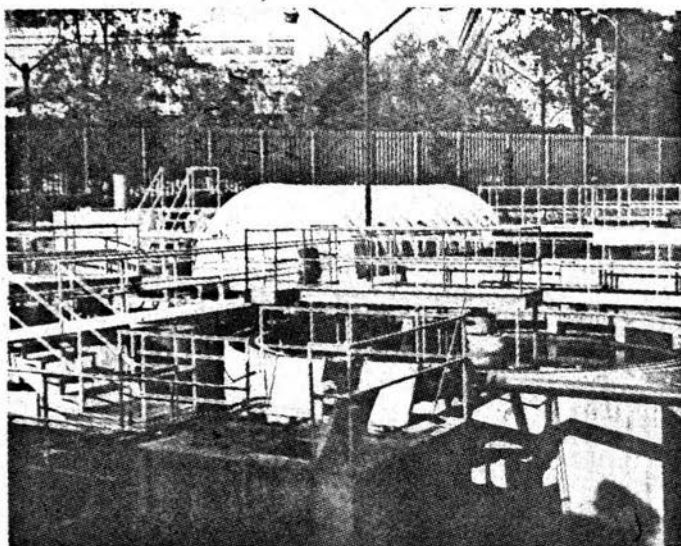


Figura 1 a) Fotografía del Biodisco

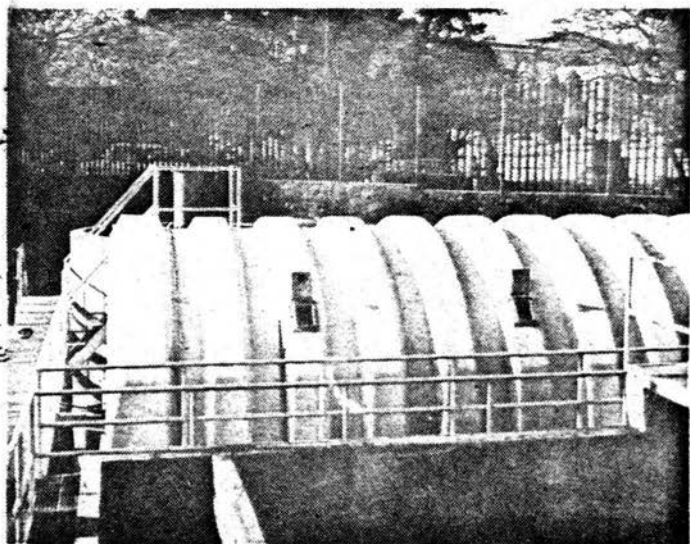


Figura 1 b) Fotografía del Biodisco

Falta página

N° 7

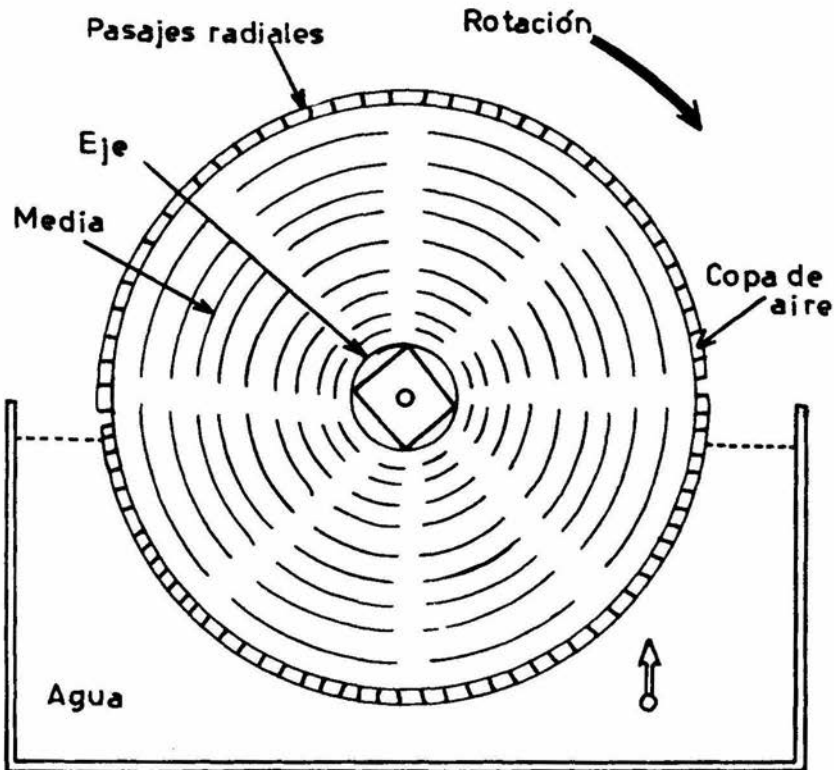


FIG: 3

TANQUE DE AERACION

Vista frontal del Biodisco en donde se muestra el movimiento de rotación del disco sobre su eje.

El disco se encuentra sumergido un 40% en el agua del tanque. Los microorganismos se adhieren a la superficie del disco formando una biopelícula.

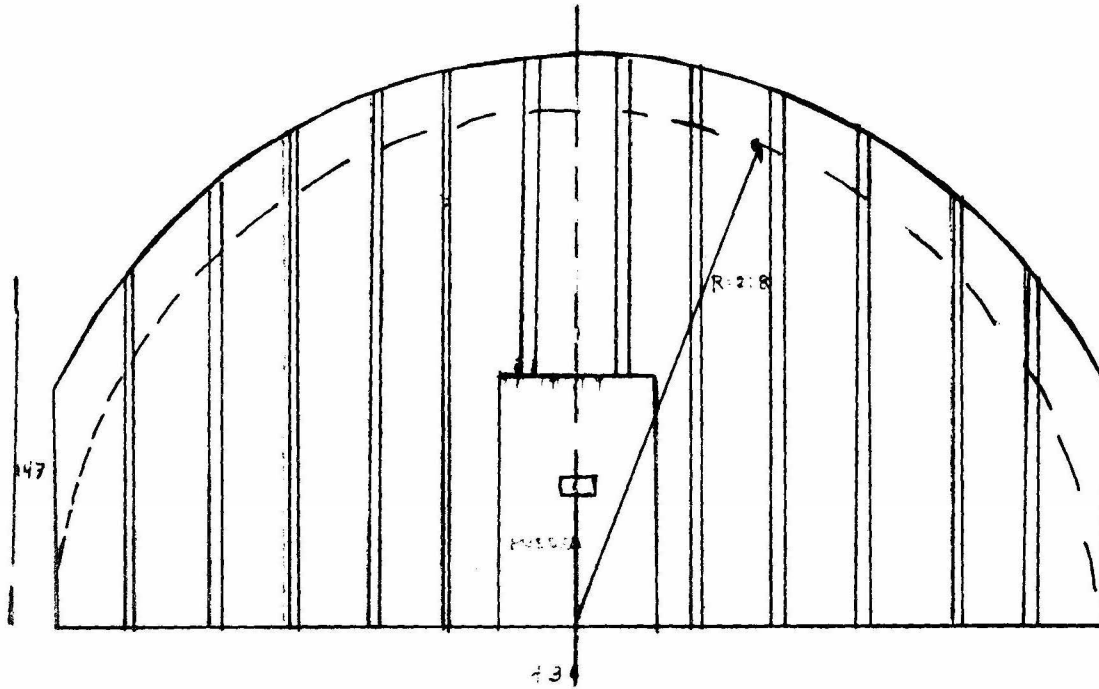
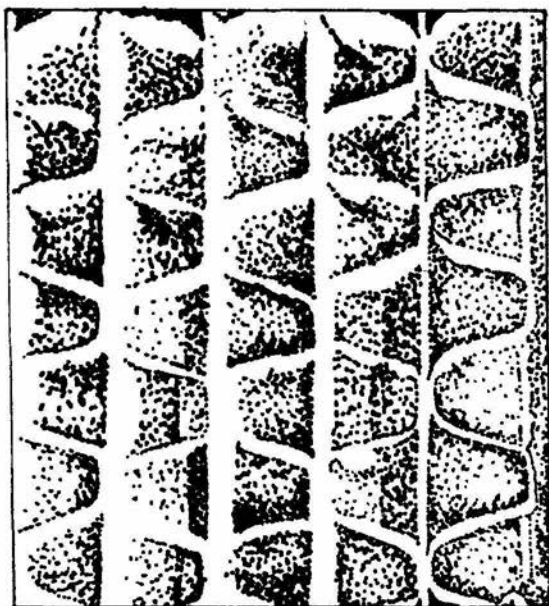


FIG: 4

El biodisco se encuentra alojado dentro de una cubierta de plástico que lo protege y aísla del exterior.



Fig; 5

Segmentos de la superficie del biodisco que muestra la disposición de las láminas corrugadas y comprimidas donde se ferma la película biológica.

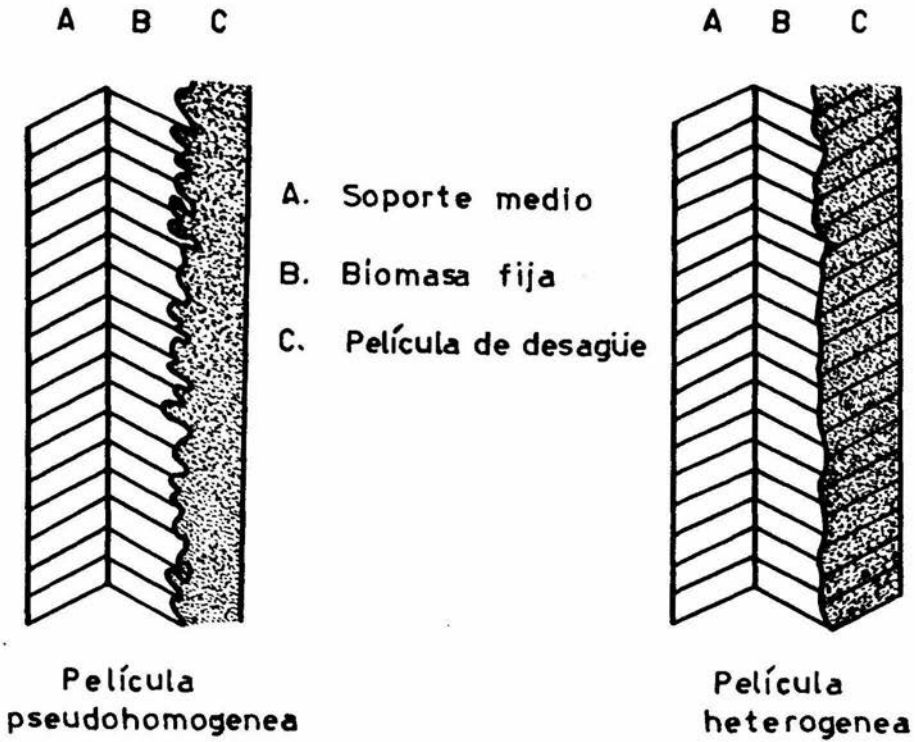


Fig: 6 FIJACION DE LA PELICULA DEL BIODISCO EN LOS REACTORES.

ANTECEDENTES:

Estudios realizados con anterioridad, a continuación mencionados, han encontrado eficiente al sistema de biodisco en el tratamiento de aguas de desecho por sus bajos requerimientos de energía y su fácil operación.

De acuerdo a los objetivos propuestos, la primera información acerca del sistema de biodisco, conocido como RBC (de las siglas inglesas que significan Contactor Biológico Rotante) en otros países, son los manuales enfocados a la manufactura y ensamblaje de este sistema.

La empresa Autotrol Corporation promueve al sistema de biodiscos reportando trabajos enfocados a la utilidad y operación de este sistema en 1969. Para 1974 el campo comercial de esta planta se extendía por varios estados de la unión americana.

Trabajos posteriores han tenido como finalidad un análisis de distintas plantas de tratamiento de agua, con diferentes tipos de aguas industriales; el desarrollo del trabajo fue diseñado para observar el funcionamiento y porcentaje de eficiencia del sistema de biodiscos aunado a otros sistema de tratamiento (L.R. Antonie y J.R. Hynek, 1982).

Bintaja(1975) realizó un estudio acerca del porcentaje de oxí-

geno disuelto en el agua en un sistema de biodiscos ya que el mismo presenta un proceso de oxidación aerobia.

Un trabajo con enfoque similar fue reportado por Palmer y Beyer en 1981, quienes consideran que es primordial la absorción de compuestos orgánicos debido a que éste condiciona el medio.

El sistema de biodiscos ha sido estudiado por investigadores como Trulear y Charackis(1977), que trabajaron sobre la dinámica del proceso de formación de la biopelícula. También observaron que el pH y la temperatura son factores que afectan al sistema de biodiscos.

En México las investigaciones más recientes fueron realizadas por Norouzian(1983) en el trabajo intitulado "A Performance of an RBC System Operating at de C.U.". Este artículo resalta la importancia de los microorganismos en el proceso de película fija y representa una valiosa investigación sobre las comunidades biológicas y su responsabilidad en el tratamiento de aguas residuales.

Posterior a esta investigación se han desarrollado estudios paralelos tales como: el estudio microbiológico del sistema de biodiscos por Norouzian(1983), y otros más, enfocados a las modificaciones estructurales del sistema de biodiscos con base en los procesos microbiológicos en donde se encontró que los proto

zoos están presentes en todas las estaciones del sistema de biodiscos y que son, en conjunto con las bacterias, los que controlan al sistema.(Norouzian,1983).

EVOLUCION HISTORICA DEL SISTEMA DE BIODISCO

Los primeros filtros rudimentarios estaban hechos de roca, con un mecanismo que les permitía girar y fueron utilizados para las aguas de alcantarillado. Tiempo después, la roca fué sustituida por el plástico creando discos de grandes dimensiones (Autotrol Corporation, 1978).

El primer biodisco fue diseñado en Alemania por Weigrand en 1900, utilizando discos metálicos, los que no sufrieron alteración alguna en un lapso de 50 años (Autotrol Corporation, 1978).

En 1950 se llevaron a cabo investigaciones extensas en la Universidad de Stuttgart (Alemania), donde se utilizó por primera vez polietileno debido a sus características de economía y maleabilidad (Autotrol Corporation, 1978).

En Alemania, en 1960, se inició el primer sistema de biodiscos a gran escala de operación, con resultados exitosos por lo cual se extendió su utilización a otras ciudades europeas (James, 1979).

El sistema de biodiscos llegó a Estados Unidos en 1964; para 1972 se incrementó el número de hojas y diversidad de polietileno constituyente. Hasta 1980 existían en Estados Unidos y Canadá 381 biodiscos funcionales (Autotrol Corporation, 1978).

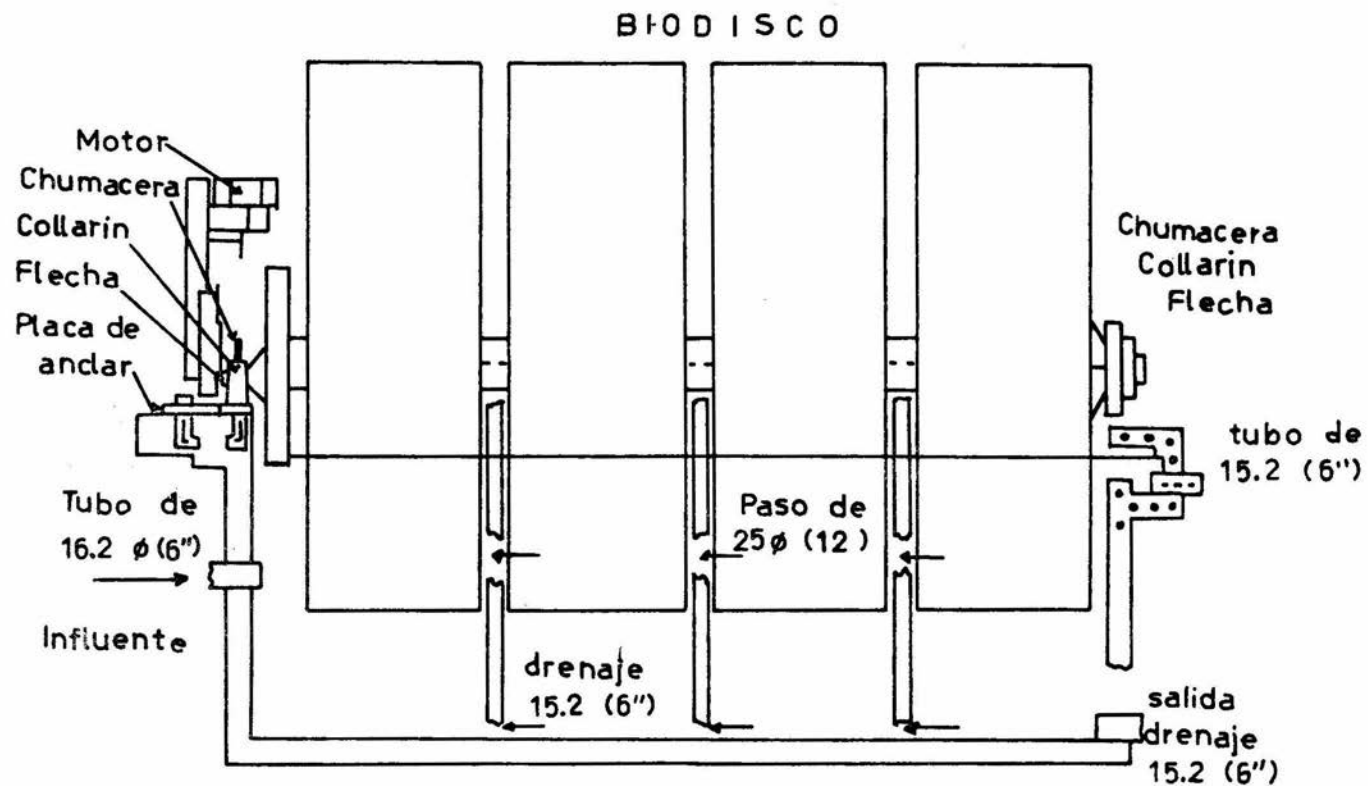


Fig : 2 Plano de la estructura interna del Biodisco

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL BIODISCO

El biodisco está constituido por un tanque de aereación, una cámara de cascajo, una cuenca de sedimentación y un grupo de discos biológicos en rotación. Fig. 3.

El proceso biológico de rotación implica una serie de discos hechos con diversos materiales resistentes (madera, aluminio, acero inoxidable o polietileno) los cuales se encuentran montados sobre una flecha, a la que un motor le imprime movimiento rotatorio, a una velocidad de 1 a 3 r.p.m. Fig. 2 . El 40% del área de los biodiscos se encuentra sumergida en el agua. La cubierta del biodisco está formada por resina de polietileno y moldeada en una secuencia irregular de segmentos con un diámetro de 13 cms. Fig. 3 . Todo el sistema se encuentra cubierto por una coraza de fibra de vidrio que aísla al sistema del entorno. (Bintaja, 1975).

La película biológica que se forma en la naturaleza, se ha adaptado en la tecnología de tratamiento de aguas residuales Fig. -

6 .

En un sistema de biodiscos se encuentran numerosos organismos microscópicos que participan en el proceso de depuración de las aguas contaminadas con materia orgánica; entre éstos, se destacan los protozoarios cuyo doble papel, como descomponedo-

...

res de la materia orgánica y consumidores de bacterias, es muy importante. (James, 1979).

Conociendo los ciliados que habitan en un determinado medio es posible predecir la calidad del agua del sistema. (Curds, 1969).

Por esta razón, es importante estudiar a los protozoos ya que cada grupo posee características específicas en cuanto a su -- ecología; por consiguiente, se puede inferir qué características posee el agua en la que están habitando.

En la primera parte del biodisco (discos anteriores) existen una gran cantidad de bacterias, protozoos, nemátodos y hongos.

En la zona restante (discos posteriores) se encuentran, además de protozoos, rotíferos y otros depredadores reconocidos como un mecanismo regulador del crecimiento de la película biológica (Norouzian, 1983).

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

La planta de tratamiento de Ciudad Universitaria se encuentra ubicada en Cerro del Agua, rodeada de construcciones universitarias y, en su costado noroeste, por la zona residencial de Copilco. (Norouzian, 1983), Fig. 7 . La planta de tratamiento consta de tres sistemas purificadores que son: el tanque de ae reación de lodos activados, el sistema de biodisco y, por últi mo, el sistema rociador. (James, 1979). Fig. 8 .

Dicha planta recibe una mezcla de desechos de los sistemas sanitarios de las instalaciones de la Ciudad Universitaria y de la zona residencial de Copilco (Norouzian, 1983). Fig. 7 . La planta manda un flujo de 40 l/seg.; la distribución de este vo lumen está dada de la siguiente manera: 20 l/seg. entran al sis tema de lodos activados, 10 l/seg. al biodisco y los 10 l/seg. restantes, a un filtro rociador. Fig. 9 .

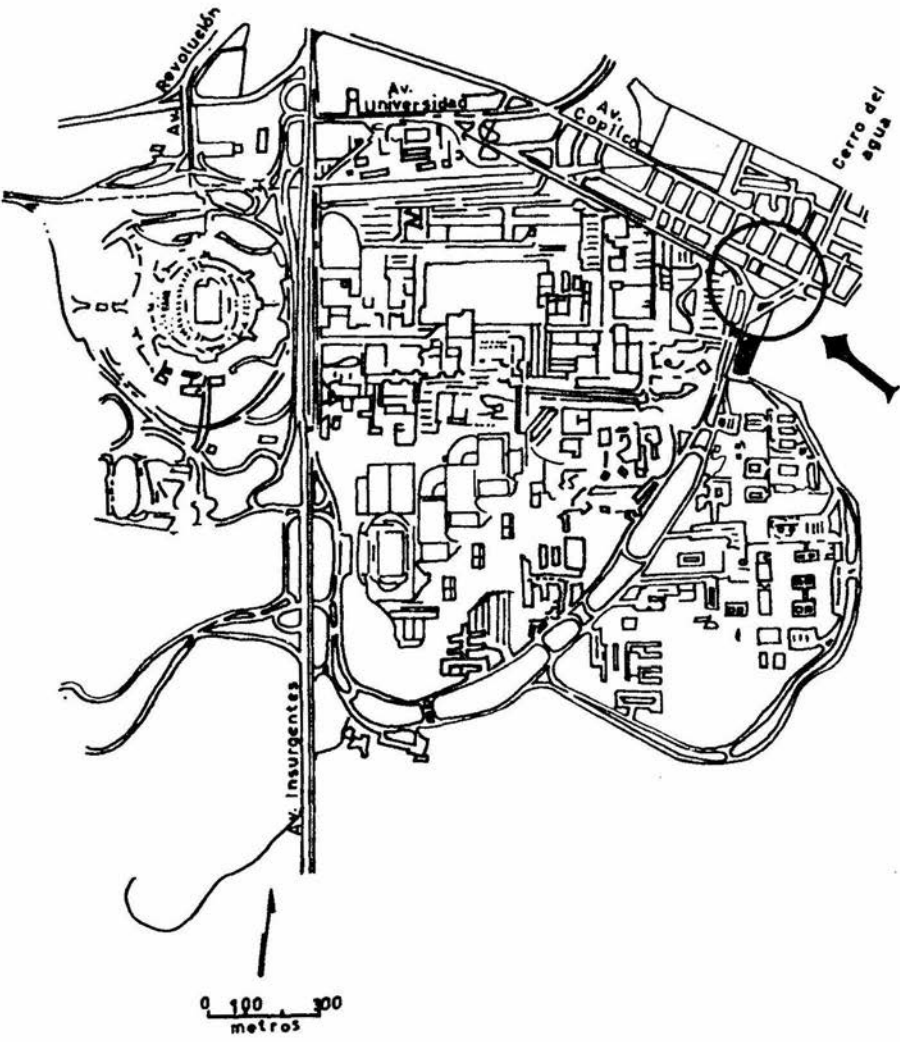
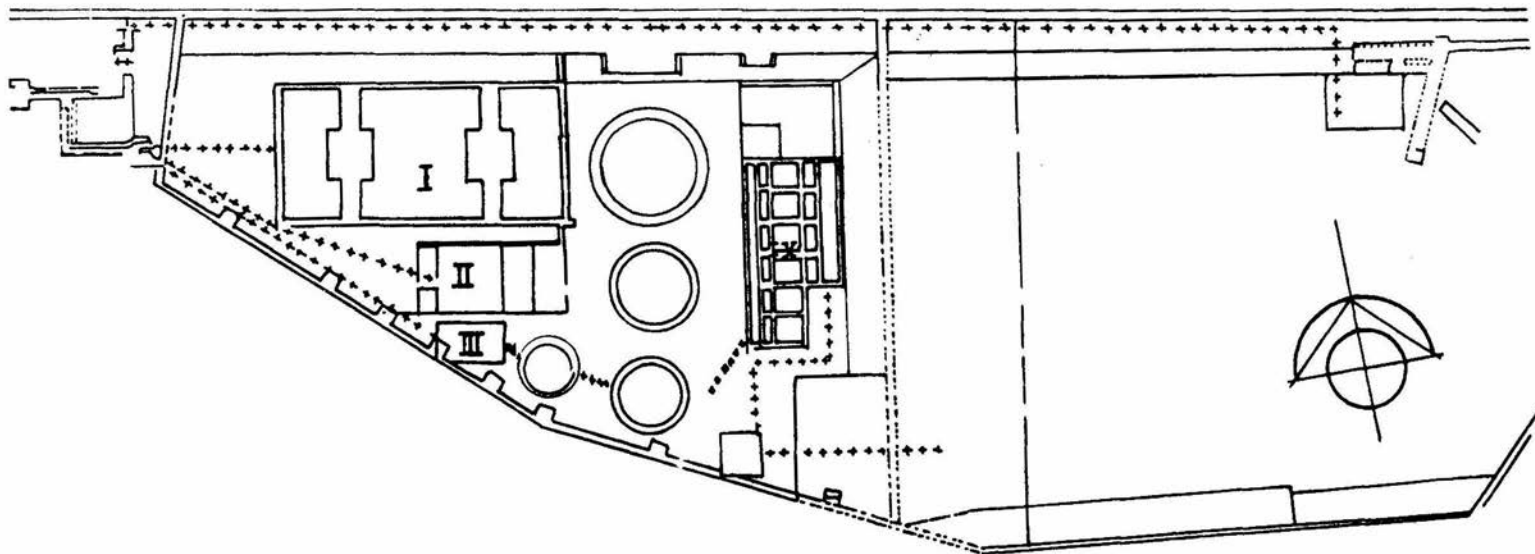


Fig: 7 Localizacion de la planta de tramiento del agua de consumo de C.U. en relación a Ciudad Universitaria.



- I LODOS ACTIVADOS
- II BIODISCO
- III FILTRO ROCEADOR

Fig: 8 Sistemas purificadores de la planta de tratamiento de aguas de Ciudad Universitaria.

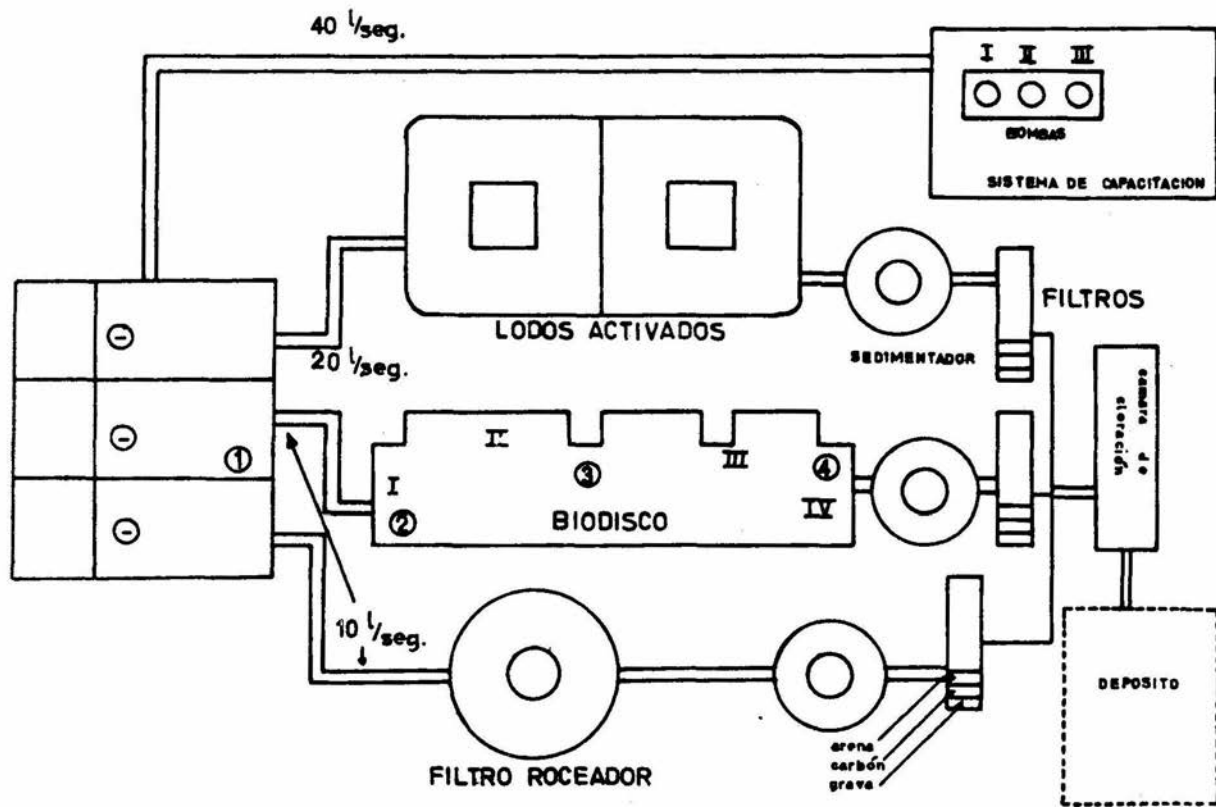


Fig : 9 Distribución del Volumen de agua que llega a la planta de tratamiento de Ciudad Universitaria.

GENERALIDADES DE PROTOZOOS

Los protozoos son organismos ubícuos, microscópicos , unicelulares y eucarióticos, muy comunes en aguas marinas y dulce-acuícolas. (Barnes, 1977 ; Kudo, 1982 ; Levine, 1980).

Los protozoos se encuentran fundamentalmente compuestos de protoplasma, el cual está diferenciado en un núcleo y citoplasma. (Kudo, 1982 ; Barnes, 1977).

Puesto que la mayoría de los protozoos son de vida libre, toman el alimento del exterior y lo digieren mediante las vacuolas digestivas que posteriormente vierten al exterior las sustancias de desecho. La reproducción de los protozoos es muy variable dependiendo del grupo, pero en general se reproducen por división celular. (Kudo, 1982; Barnes, 1977).

Los ciliados se encuentran compuestos de un macronúcleo y un -- micronúcleo, en algunos casos presentan multiplicación binaria transversal pero, por lo general, la reproducción sexual se presenta por conjugación. Fig 10 . (Barnes, 1977).

Los flagelados o mastigóforos, son protozoos en los que predomina la forma con posesión de flagelos aunque también pueden presentar propiedades amiboideas; pueden efectuar su nutrición uti

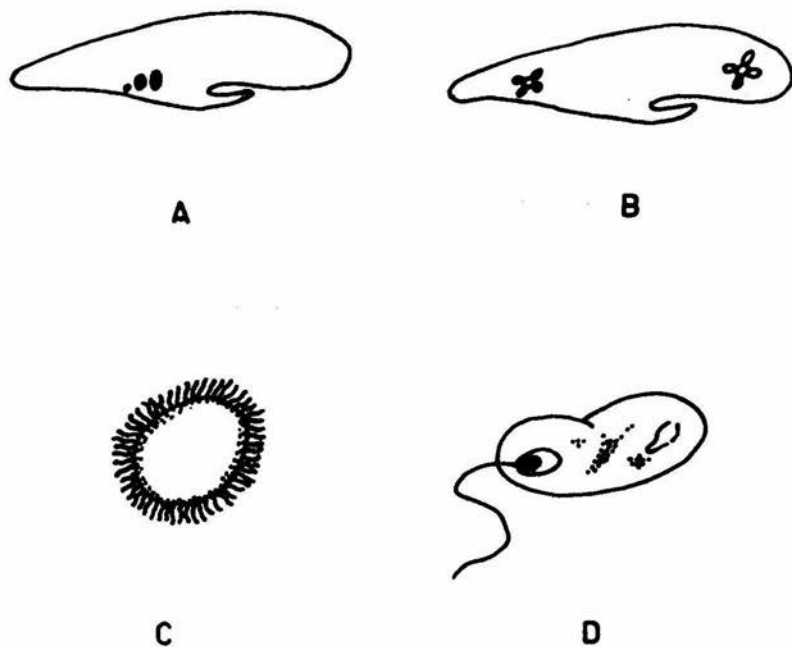


FIG. 10 A. Vacuola digestiva. B. Vacuola pulsátil. C. Ciliado. D. Flagelado. Esquema de Protozoarios ciliados y flagelados (C y D) junto con las vacuolas digestivas y pulsátiles.

lizando directamente la materia mineral, gracias a la posesión de pigmentos contenidos en cromatóforos que realizan la fotosíntesis (nutrición holofítica), o bien, tomando materia orgánica (nutrición holozoica). (Barnes, 1977).

Los protozoarios pueden alimentarse también de las bacterias presentes en el agua residual ya que, por su conducto, pueden obtener sustancias necesarias para su nutrición y que no metabolizan.

FAUNA ACOMPAÑANTE

Otros organismos presentes en el sistema son los metazoarios que son importantes en el proceso de película fija y entre ellos se incluyen los nemátodos, los rotíferos y los crustáceos.

Los metazoarios son aerobios obligados y siempre se encuentran en la superficie del sistema; son muy importantes en el proceso de película fija ya que reducen la actividad de lodos producidos (Norouzian, 1983).

La gran mayoría de los rotíferos encontrados en aguas residuales son miembros de familia Bdelloidae; los rotíferos mantienen la población de las bacterias abajo de su nivel máximo. (Norouzian, 1983).

LOS PROTOZOOS EN EL SISTEMA DE BIODISCOS

Los resultados muestran que mientras que algunos nutrientes orgánicos favorecen al crecimiento de ciertas bacterias, éstas pueden a su vez favorecer el desarrollo de los protozoos. Por regla general los protozoos siguen un esquema de sucesión (reemplazamiento de la especie predominante por otra). (Gloyna, 1973).

Generalmente los mastigóforos prefieren aguas recién contaminadas; los fitoflagelados compiten con las bacterias por los sustratos solubles, pero son los zooflagelados y los ciliados los que llevan la mejor parte, y esto es debido a que se alimentan de las bacterias. Además son los ciliados fijos los que pueden sobrevivir con menor cantidad de bacterias por necesitar menos energía que otros protozoos.

En un proceso de tratamiento de aguas residuales la comunidad biológica está determinada por las condiciones que existen en el sistema y, a su vez estas condiciones están determinadas por el diseño y la operación del sistema y por la naturaleza de los desechos. La abundancia de nutrientes y la competencia por los mismos, son los factores determinantes que influyen en el crecimiento de los microorganismos dominantes. (Leynaud, 1979).

OBJETIVOS:

El objetivo del presente trabajo fue realizar el estudio protozoológico del biodisco de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ciudad Universitaria, así como determinar la posible relación entre los protozoos aislados y los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura, oxígeno, alcalinidad, - pH, DBO, DQO, NH_3 , cloro y fosfato.

Las metas para lograrlo fueron:

- 1.- Análisis protozoológico cualitativo y cuantitativo.
- 2.- Detección de los organismos indicadores.
- 3.- Correlación de parámetros físico-químicos y biológicos.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo incluyó dos fases, una de campo y otra de laboratorio. El trabajo de campo se llevó a cabo por recolecciones - - efectuadas dos veces por mes . en un lapso de siete meses.

Tabla I .

Los parámetros determinados fueron temperatura ambiental y del agua, que se midió con un termómetro marca Proper, con un rango de 0 a 300°C.; el oxígeno disuelto con un oxímetro YSI; el pH y la alcalinidad fueron determinados con un potenciómetro -

Corning pH modelo Metr 10. El color fue determinado después de filtrar las muestras dos veces, por espectrofotometría por el método Hach. La medición de la turbiedad se llevó a cabo con un turbidímetro marca Turbd modelo 2100; la conductividad se registró con un conductivímetro marca Bridge modelo 31; para el cloro y amonio se utilizó el aparato marca Orion Research - Microprocesor 10 Nalger 9°; los detergentes por el método azul de metileno (A.P.H.A., et al, 1980) y los fosfatos por el método de cloruro estanoso (A.P.H.A. et al, 1980); la DBO y la DQO, por el método de reflujo con dicromato (A.P.H.A. et al, 1980).

Se tomaron muestras de la película biológica por medio de un raspado manual, depositándolo posteriormente en frascos que se analizaron en el laboratorio con un microscopio de contraste de fases marca ZEISS; la identificación se realizó mediante las técnicas de campo claro y contraste de fases, así como con base en fotografías de organismos tomadas en un fotomicroscopio marca ZEISS, con la finalidad de corroborar la identidad de los organismos que se obtuvieron; la identificación se llevó a cabo siguiendo los criterios de Bick (1964); Curds (1966 y 1969); Kudo (1972).

Se utilizaron colorantes vitales como el azul de metileno que tiñen estructuras como el núcleo y gránulos citoplasmáticos de los organismos y así se puede diferenciarlos de otros semejantes. Así como la solución de lugol tiñe los flagelos y los - -

cilios : claramente(Kudo, 1972)

Se utilizó un hematocitómetro marca Boeco, en la determinación de la abundancia de organismos (A.P.H.A. et.al 1980).

Los esquemas descriptivos de los representantes más abundantes del sistema de biodisco han constituido un apoyo indispensable para el desarrollo de este trabajo y fueron elaborados a partir del material observado al microscopio y fotografías junto con el material bibliográfico utilizado. Anexo 1.

Por último se analizaron los datos de las fluctuaciones de los parámetros físico-químicos para relacionarlos con la abundancia de los protozoos en el sistema.

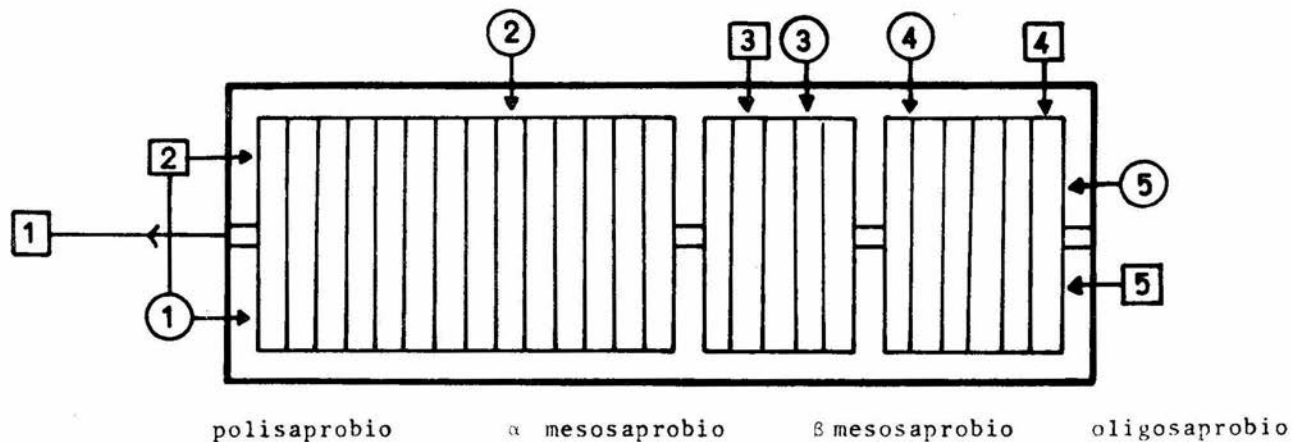
Las estaciones de muestreo de los parámetros físico-químicos y Biológicos se observan en la figura . 11.

La división del trabajo se muestra en el cuadro que a continuación se presenta. Tabla I.

METODOLOGIA

MUESTREO SEMANAL

<p>Agua Residual</p> <p>1. Parámetros físico-químicos</p> <p>1.1. <u>in situ</u></p> <p style="margin-left: 40px;">Temperatura $\left\{ \begin{array}{l} \text{aire} \\ \text{agua} \end{array} \right.$</p> <p>1.2. Laboratorio</p> <ul style="list-style-type: none"> - DBO₅ - DQO - pH - Alcalinidad - Color - Turbiedad - Cloruros - Amonio - Fosfatos - Detergentes - Conductividad 	<p>Muestras de Película Biológica</p> <p>I. Cultivos en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Levadura al 2% - Infusión de Trigo <p>II. Identificación se utilizó:</p> <p>Bick(9), Curds(14), Kudo(26).</p> <p>III. Observación al natural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contraste de fases - Campo claro <p>Colorantes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Azul de metileno - Rojo neutro <p>Fijación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schaudinn - formol 2% <p>IV. Cuantificación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hematocitómetro <p>V. Seguimiento de las muestras cultivadas por 4 semanas.</p>
---	---



○ Muestras Biológicas

□ Muestras de parámetros fisicoquímicos

FIG : 11 ESTACIONES DE MUESTREO DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS Y BIOLÓGICOS.

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Parámetros físico-químicos:

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto se observó que los parámetros que tienen mayor relevancia en el sistema de biodiscos son:

- 1) Oxígeno disuelto
- 2) Temperatura
- 3) Alcalinidad y pH
- 4) DBO y DQO
- 5) Amonio
- 6) Fosfatos
- 7) Cloruros

En este capítulo se hace un análisis de las especies identificadas en los muestreos y su correlación con estos parámetros físico-químicos.

Al final del capítulo se mencionan otros parámetros como turbiedad, color, detergentes y conductividad, cuya influencia es de menor importancia en el sistema.

1) Oxígeno disuelto (O.D.)

La descomposición aerobia requiere una aportación continua de oxígeno disuelto libre y es el método más eficaz para reducir el contenido orgánico de los residuos líquidos

dos (Gloyna, 1973).

Se puede designar al sistema de biodisco como un sistema-aerobio ya que se detectó oxígeno disuelto en el agua a lo largo de los muestreos.

En la gráfica 1 se observa la disminución de oxígeno en los meses de abril y mayo. Probablemente la causa de este cambio esté relacionada con el aumento de la temperatura que se presentó en estos meses. Gráfica 2 .

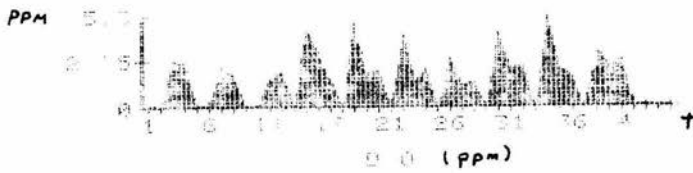
La solubilidad del oxígeno del agua depende de la temperatura, por ello el contenido en oxígeno de la solución correspondiente varía con la temperatura; en agua fría hay más oxígeno disuelto que en agua caliente.

En la gráfica 1 también se puede apreciar que en los meses de julio, agosto y fines de septiembre se encontraron los valores más altos de OD; las variaciones que encontramos a lo largo de los muestreos están determinadas por los cambios de temperatura que se presentaron en dichas ocasiones.

En estos períodos se observó un aumento considerable de Bodomorpha minima, Cercomonas crassicaudata, Cercomonas -

longicaudata, Vorticella spp, Metopus fuscus, Opistonecta hennenguyi ; el OD es un factor esencial para el buen desarrollo de estos protozoos

Graf: 1



2) Temperatura:

En general, la temperatura influye de maneras diferentes en el sistema de biodiscos; por ejemplo, en la solubilidad de los gases y las sales, así como en la velocidad metabólica de los organismos que aumenta o disminuye de acuerdo con la temperatura. (Siebold, 1845).

El primer punto de la gráfica 2 representa la temperatura ambiental que se ve afectada de acuerdo a los cambios del medio (regidos por las estaciones del año).

El rango de temperatura óptima para el funcionamiento del sistema de biodiscos se encuentra entre los 12.7° y 32.2°C . (Norouzian, 1983). Más allá de estos ámbitos la solubilidad de los gases y sales y la velocidad metabólica de los organismos presentes pueden afectar al sistema, provocando una precipitación de sales a temperaturas elevadas.

Debido a que el sistema de biodisco se encuentra techado es improbable la entrada de cualquier elemento extraño al sistema, que lo altere. Fig. 4 . Esto provoca como resultado una estabilidad en la temperatura dentro del sistema de tal manera que la temperatura del afluente al mezclarse con las aguas internas del biodisco da como resultado un amortiguamiento térmico.

La temperatura media obtenida a lo largo de los muestreos fué de 19.5°C. En los tres puntos de muestreo restantes en la parte interna del biodisco la temperatura fué homogénea.

Gráfica 2 .

Graf: 2



3) Alcalinidad y pH:

Los valores encontrados de pH fluctuaron entre 7.8 y 8.0; estos valores corresponden a la proporción de 75 a 95% de bicarbonatos dentro del sistema. (Norouzian, 1983).

En la rápida descomposición de los desechos intervienen paralelamente el pH y la alcalinidad; éstos, a lo largo de los muestreos como se aprecia en las gráficas 3 y 4 respectivamente, no sufrieron alteración alguna que fuera -- significativa. Según Norouzian(1983), los valores obtenidos están en los valores estipulados para que el sistema de biodiscos sea un sistema estable.

Los valores ligeramente altos de pH pueden ser el producto de la acumulación de sustancias, como compuestos húmicos y ácidos orgánicos. (Gloyna, 1973).

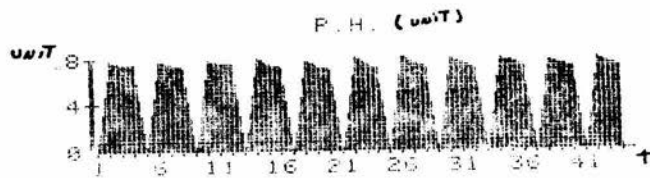
La alcalinidad en el cuerpo de agua del biodisco es alta ya que funciona como amortiguador para los valores de pH. La alcalinidad proveniente de los lugares domésticos llega a tener una concentración cerca de los 200 mg/l como CaCO_3 , (Norouzian, 1983).

El desarrollo de la biopelícula depende de ciertos factores externos que son: pH, temperatura y el potencial de -

oxidación y reducción; a un pH de 6.5-9.0 existe el crecimiento bacteriano y es adecuado para el funcionamiento del sistema.

A un pH de 6.5 los hongos competirán con las bacterias -- siendo predominantes a un pH de 4.5.

Graf: 3



Graf: 4



4) DBO y DQO:

La demanda de oxígeno residual, se expresa como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y como demanda química de oxígeno (DQO). Ambos nos dan indicaciones muy útiles acerca de la demanda total de oxígeno.

La determinación de la DBO indica la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los organismos vivos, para la utilización o destrucción aerobia de la materia orgánica y, conjuntamente con la DQO, proporciona una medida de la cantidad de oxígeno que corresponde a la proporción de la materia orgánica de una muestra que es susceptible de oxidarse por un producto químico de alto poder oxidante. - - (A.P.H.A. et al 1980, Siebold, 1845).

De acuerdo a Siebold(1845) con el análisis de la DBO se puede obtener el grado de contaminación orgánica.

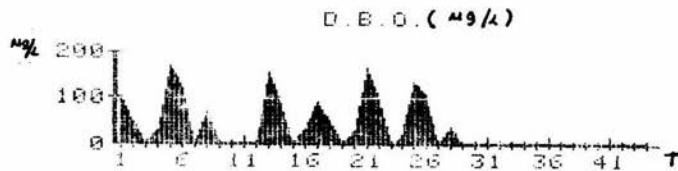
Un factor importante que determinó la variación en los valores de la DBO y la DQO fueron los cambios que sufrieron con la temperatura, como se aprecia en las gráficas 5 y 6.

Los valores disminuyen al descender la temperatura alcanzando un mínimo a mediados de junio, agosto y septiembre; probablemente este hecho esté relacionado con el incremen

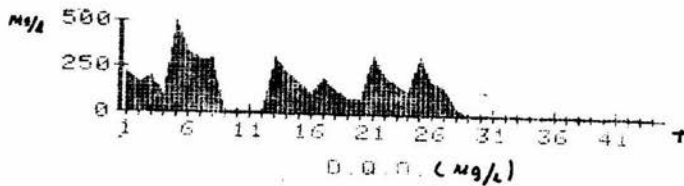
to de las lluvias que provoca un decremento en la temperatura. En los meses de marzo, abril y mediados de mayo, se observó un ascenso en la temperatura así como en la DBO y la DQO.

Posiblemente esto se debió a la baja concentración de oxígeno que fue usado para la descomposición de la materia orgánica.

Graf: 5



Graf: 6



5) AMONIO:

El amonio se ve favorecido cuando las condiciones son anaerobias; como el sistema de biodiscos trabaja en condiciones aerobias, se encontraron concentraciones homogéneas muy bajas de amonio. Gráfica 7 .

En el sistema de biodiscos se encontraron bacterias nitrificantes. (Norouzian, 1983). Las bacterias nitrificantes -- utilizan el amonio y los nitratos como fuente de energía y para la síntesis de proteínas.

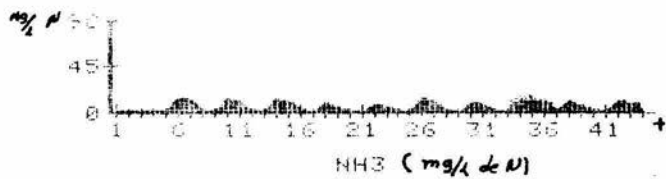
Los procesos de nitrificación del sistema se encuentran entre los 18.3°C y 32.2°C.

La presencia de amonio completa las características que necesita un determinado grupo de protozoos como:

Vorticella microstomata, Amphileptus claparedei, Chilodonella cucullus, Colpoda cucullus, Paramecium multimicronucleatum, Cyclidium glaucoma, Didinium nasutum, Amphileptus claparedei, Tetraymena glaucoma. (segun Bick, 1964).

El proceso de desnitrificación da lugar a que la alcalinidad del sistema aumente; la calidad de alcalinidad producida por miligramo de nitrógeno reducido es de 4.46 mg. (Norouzian, -- 1983).

Graf: 7



6) FOSFATOS:

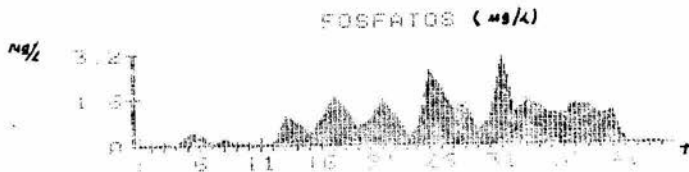
La determinación de los fosfatos indica la formación primaria del proceso biológico. El fósforo es esencial para los organismos ya que sirve como nutriente.

En los meses de abril, mayo y julio, la cantidad de fósforo no fue abundante, entra en los rangos de 0.3-1.9 mg /l, en los que conjuntamente se observó una disminución de Peranema tricophorum, Trepomonas rotans y Philaster armata. Grafica 8 .

En los meses de agosto, septiembre y octubre se observó un incremento alcanzando un máximo en septiembre con un valor de 3.2 mg/l. Asimismo se observó un aumento de - - Chlamydomonas guttula, Didinium nasatum y Paramecium multimicronucleatum.

Según Siebold (1845) el fosfato puede funcionar como - amortiguador; cuando el fosfato es alto resulta nocivo.

Graf: 8



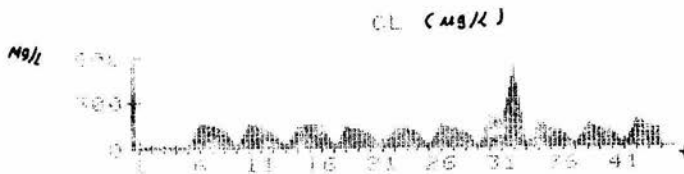
CLORO:

Observamos que en la gráfica 9 se presenta una uniformidad a lo largo de los muestreos con valores que se encontraban en el rango de 75 mg/l a 514 mg/l., siempre presentando un aumento en la primera estación, descendiendo después paulatinamente en las siguientes estaciones, hasta llegar al último punto de muestreo que fue de 214.6 mg/l.

El cloro proporciona un estado desinfectante al sistema; el cloro que se obtuvo se cree que pudo haber sido, por el uso que se le da en la casa habitación y en los laboratorios de Ciudad Universitaria.

En los meses de septiembre se observó un incremento que pudo deberse a que en esa época la limpieza de las estaciones de los laboratorios fue mayor y esto se debió al inicio de las clases alcanzando un valor de 514 mg/l.

Graf: 9



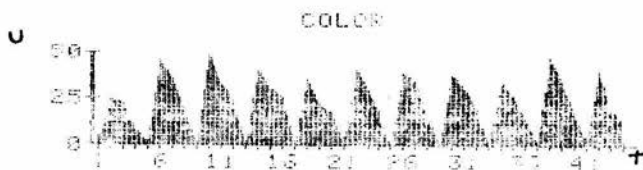
COLOR:

El color puede deberse a causas internas o externas al agua; la aparición del color y el cambio de éste indican que se está produciendo un cambio en el funcionamiento del sistema. - La abundancia de sustancias disueltas o suspendidas modifican la penetración de las radiaciones luminosas que se presenta - en este sistema.

Como se aprecia en la gráfica 10 el color osciló entre los rangos de 25 a 48 unidades, lo que demuestra una regularidad a lo largo del sistema. (Norouzian, 1983). En la primera estación de muestreo se presentaron los valores de color más altos, debido a la mayor concentración de materiales disueltos que le imparte la carga orgánica, y la disminución en las tres siguientes estaciones que está determinada por el funcionamiento del biodisco, entendiéndose por funcionamiento la depuración que existe a través de las estaciones ya mencionadas.

Los flóculos que se forman y que a su vez se depositan en el fondo, son un factor que también ayuda a la limpieza del sistema.

Graf: 10



DETERGENTES:

El detergente es nocivo para los sistemas de tratamiento secundario ya que no favorece el crecimiento de organismos, -- pues impide el intercambio gaseoso.

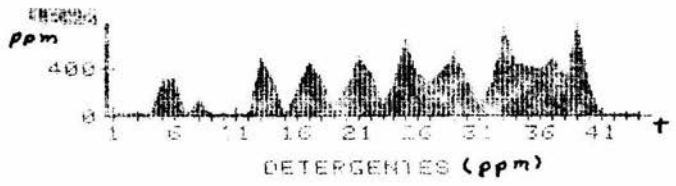
Se pudo apreciar que en los meses de abril y mayo que la concentración de detergente fué muy alta entrando, de mayor a -- menor rango de 0.38 a 0.10 ppm.

Se observó un aumento paulatino en los meses de julio y agosto desde 0.40 a 0.45 ppm hasta llegar a los 0.70 ppm. Gráfica 11 .

Este punto provoca una inhibición en el crecimiento de las - bacterias lo que se vió reflejado en la disminución en el -- grosor de la biopelícula del biodisco.(Norouzian, 1983).

En conclusión, los valores de detergente fueron bajos permitiendo al sistema operar satisfactoriamente. De acuerdo a Norouzian(1983) de haberse encontrado una cantidad grande de - detergente el sistema estaría alterado disminuyendo su eficacia pudiendo llegar a funcionar anaerobicamente.

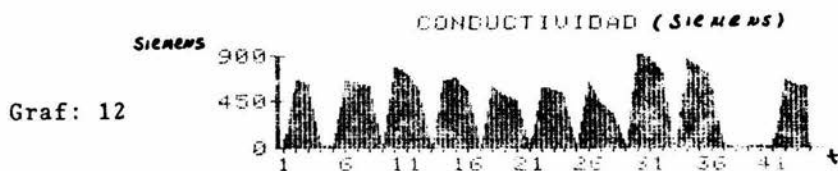
AN 3
Graf: 11



CONDUCTIVIDAD:

La conducción eléctrica que existe en un medio acuoso está determinada por la carga orgánica y por sales disueltas.

En el mes de septiembre se observó el mayor valor que fué de 650 siemens y en los meses de abril, mayo, julio y agosto se observó una estabilidad promedio de 576.6 siemens; la conductividad más baja se registró a fines de agosto con un valor 336 siemens. El decremento de los valores de conductividad a lo largo del biodisco se vió reflejado en todas las estaciones de muestreo, con ello se verifica la acción degradadora de la bio película sobre la carga orgánica. Grafica 12.



TURBIEDAD:

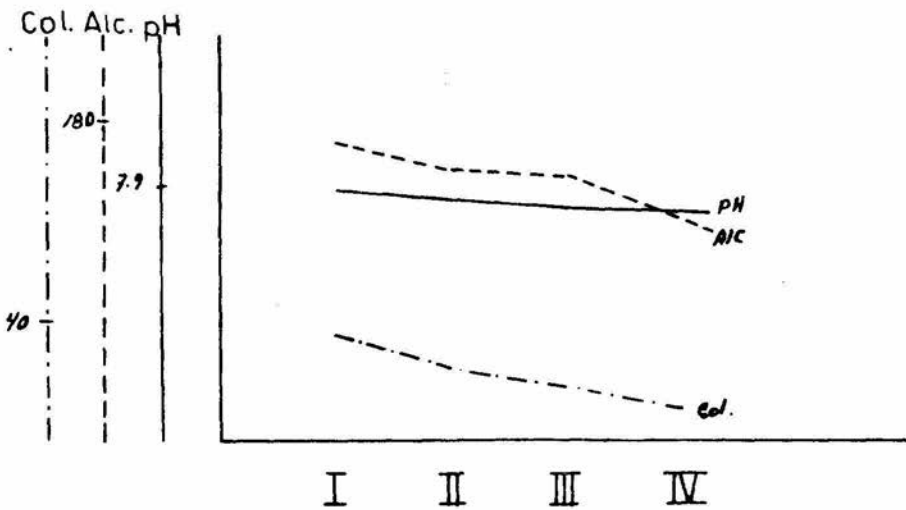
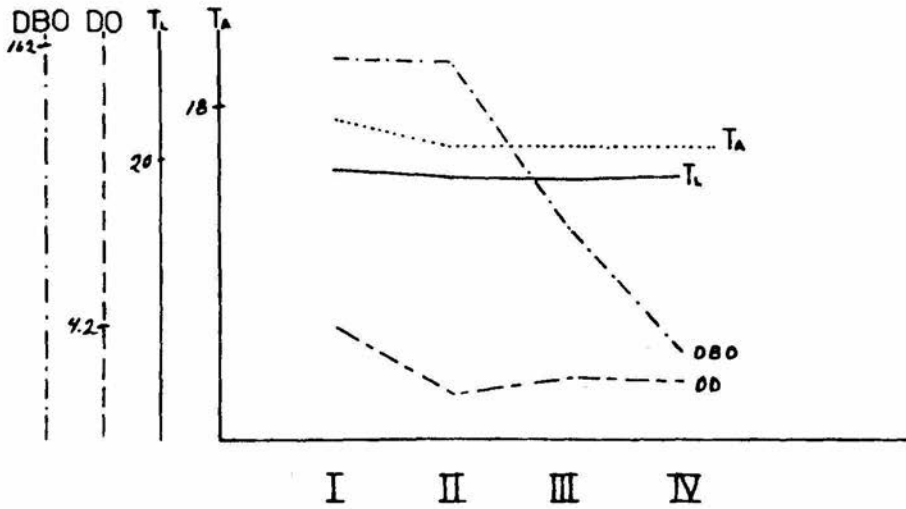
La turbiedad está determinada por agentes como son los sólidos y organismos en suspensión en el medio acuoso. Una forma para medir la turbiedad es hacer pasar un haz de luz a través de la muestra, el resultado de esta refleja la cantidad de sólidos suspendidos y disueltos que se encuentran en el sistema.

En la gráfica 13 se pueden apreciar las fluctuaciones entre la primera estación de muestreo y las siguientes que siguieron valores descendentes. El valor más alto fué de 35 unt en la primera estación y paulatinamente fue descendiendo. En el punto final de la 4a. estación se determinó un rango de 5 unt que fué el valor mínimo. El proceso descendente a lo largo del big disco nos indica la eficiencia en el funcionamiento de éstos.

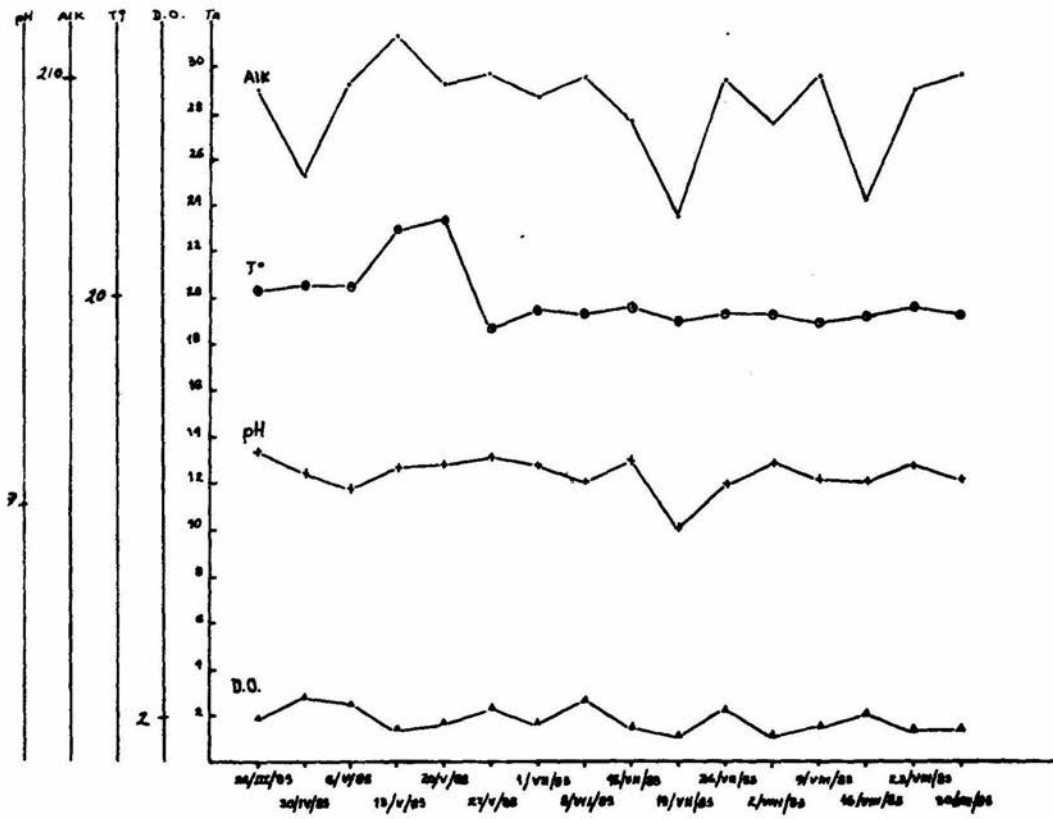
Graf: 13



En las graficas 14 y 15 se presenta la variación de los parámetros fisico-químicos por estación y a lo largo del tiempo para una mejor visualización.



Grafica: 14 Comportamiento de los parámetros físico-químicos por estación, T_a- Temperatura ambiente, T_l Temperatura del afluente.



GRAFICA: 15 Comportamiento de los parámetros fisico-químicos, pH, alcalinidad Temperatura y D.O. a lo largo de los muestreos.

b) PROTOZOARIOS

En 1980 la Sociedad Internacional de protozoólogos revisó y corrigió la clasificación anterior (de 1964) y es ésta, la clasificación más reciente, la que se usó en este trabajo. A continuación se enlistan los organismos observados a lo largo de los muestreos. En las gráficas se muestra la abundancia de los organismos en el tiempo.

Posición Sistemática de los Organismos Colectados

Phylum	:	Sarcomastigophora
Subphylum	:	Mastigophora
Clase I	:	Phytomastigophorea
Orden	:	Euglenida
Suborden I	:	Eutreptiina
↳ Género	:	<u>Distigma</u>
Especie	:	<u>Distigma proteus</u>
Suborden 2	:	Euglenina
↳ Género	:	<u>Euglena</u>
Especie	:	<u>Euglena grácilis</u>
↳ Género	:	<u>Astasia</u>
Especie	:	<u>Astasia klebsi</u>
Suborden 5	:	Heteronematina
↳ Género	:	<u>Peranema</u>
Especie	:	<u>Peranema trichophorum</u>
Orden 4	:	Chrysomonadida
↳ Género	:	<u>Monas</u>
Especie	:	<u>Monas guttula</u>

Orden 8	: <u>Volvocida</u>
✓ Género	: <u>Chlamydomonas</u>
Especie	: <u>Chlamydomonas modanina</u>
Especie	: <u>Chlamydomonas gracilis</u>
Clase 2	: Zoomastigophorea
Orden 2	: Kinetoplastida
Suborden 1	: Bodonina
✓ Género	: <u>Pleuromonas</u>
Especie	: <u>Pleuromonas jaculans</u>
✓ Género	: <u>Bodo</u>
Especie	: <u>Bodo caudatus</u>
Especie	: <u>Bodo edax</u>
✓ Género	: <u>Bodomorpha</u>
Especie	: <u>Bodomorpha minima</u>
Orden 4	: Retortamonadida
✓ Género	: <u>Cercomonas</u>
Especie	: <u>Cercomonas crassicaudata</u>
Especie	: <u>Cercomonas longicaudata</u>
Orden 5	: Diplomonadida
Suborden	: Diplomonadina
✓ Género	: <u>Hexamita</u>
Especie	: <u>Hexamita inflata</u>
✓ Género	: <u>Trepomonas</u>
Especie	: <u>Trepomonas agilis</u>
Especie	: <u>Trepomonas rotans</u>
Super Orden 1	: Parabasalidea
Orden 7	: Trichomonadida

Género	: <u>Trichomonas</u>
Especie	: <u>Trichomonas fecalis</u>
Phylum VII	: Ciliophora
Clase 1	: Kinetofragminophorea
Sub clase 1	: Gymnostomatia
Orden	: Prostomatida
Sub Orden 3	: Prorodontina
Género	: <u>Urotricha</u>
Especie	: <u>Urotricha agilis</u>
Sub Orden	: Haptorina
Género	: <u>Didinium</u>
Especie	: <u>Didinium nasutum</u>
Orden 2	: Pleurostomatida
Género	: <u>Amphileptus</u>
Especie	: <u>Amphileptus claparedei</u>
Subclase 2	: Vestibuliferia
Orden 3	: Colpodida
Género	: <u>Colpoda</u>
Especie	: <u>Colpoda cucullus</u>
Subclase	: Hypostomatia
Super orden 2	: Phyllopharyngidea
Orden 1	: Cyrtophorida
Sub orden 1	: Chlamydodontina
Género	: <u>Chilodonella</u>
Especie	: <u>Chilodonella cucullulus</u>
Clase 2	: Oligohymenophorea
Subclase 1	: Hymenostomatia

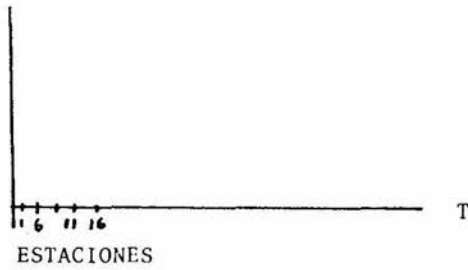
Orden 1	: Hymenostomatida
Sub orden 1	: Tetrahymenina
Género	: <u>Tetrahymena</u>
Especie	: <u>Tetrahymena pyriformis</u>
Especie	: <u>Tetrahymena vorax</u>
Especie	: <u>Tetrahymena glaucoma</u>
Género	: <u>Saprophilus</u>
Especie	: <u>Saprophilus agitatedus</u>
Sub orden 3	: Peniculina
Género	: <u>Paramecium</u>
Especie	: <u>Paramecium multimicronucleatum</u>
Orden 2	: Scuticociliatida
Suborden 1	: Philasterina
Género	: <u>Philaster</u>
Especie	: <u>Philaster armata</u>
Sub orden 2	: Pleuronematina
Género	: <u>Cyclidium</u>
Especie	: <u>Cyclidium glaucoma</u>
Género	: <u>Pleuronema</u>
Especie	: Pleuronema crassum
Subclase 2	: Peritrichia
Orden	: Peritrichida
Sub orden	: Sessilina
Género	: <u>Vorticella</u>
Especie	: <u>Vorticella campanula</u>
Especie	: <u>Vorticella microstomata</u>

Género : Opistonecta
Especie : Opistonecta hennenguyi
Sub Orden : Mobilina
Clase 3 : Polymenophorea
Subclase 1 : Spirotrichia
Orden 1 : Heterotrichida
Sub orden 1 : Heterotrichina
Género : Metopus
Especie : Metopus fuscus
Especie : Metopus sp

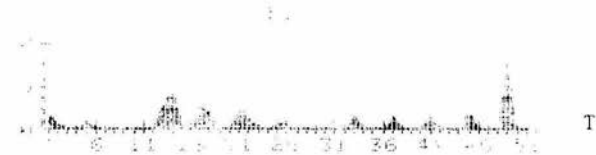
El resultado de la identificación nos demuestra que en el -
 Phylum: Sarcomastigophora, sub Phylum: Mastigophora Clase I:
 Phytomastigophorea, encontramos siete especies que pertenecen
 al orden: Euglenida, Suborden: Eutreptina Distigma proteus,
 Suborden: Euglenina, Euglena gricilis, Astasia klebsi Suborden
 Heretonematina, Peranema trichophorum, Monas guttula, Chlamy-
domona modanina, Clamydomona gracilis; dentro de la clase 2:
 Zomastigophorea Orden: Kinetoplastida, encontramos diez espe-
 cies que son Pleuromona jaculans, Bodo caudatus, Bodo morpha-
minima, Bodo edax, Cercomona crassicaudata, Cercomona longi-
caudata, Orden 5: Diplomonadida dentro del Sub orden 2: Di-
 plomonadina, Hexamita inflata, Trepomona agilis, Trepomona -
rotans; Trichomonas fecalis; dentro del Phylum VI: Myxo-
 zoa, Clase I: Myxosporea, sub orden: Prodontina, encontramos
 cinco especies, Urotricha agilis, Didinium nasutum, Amphilep-
tidus claparedei Stein, Colpoda cucullus, Chilodonella cucu-
llulus dentro de la clase 2: Oligohymenophorea, Sub clase:
 Hymenostomatia. Orden: Hymenostomatida, encontramos 11 espe-
 cies Tetrahymena pyriformis, Tetrahymena vorax, Sappopilus
agitatus Tetrahumena glaucoma, Paremecium multimicronuclea-
tum, Philaster armata, Cyclidium glaucoma, Picuronema cra-
ssum, Opistonecta bennenguyi, Vorticela campanula, Vortice-
lla microstomata. Clase 3: Polymenophorea; Orden: Heterotri-
 chida, sólo encontramos dos especies, Metopus Fuscus y Me-
topus sp.

A continuación se incluyen las gráficas en donde se muestra la abundancia de los organismos encontrados a lo largo de los muestreos.

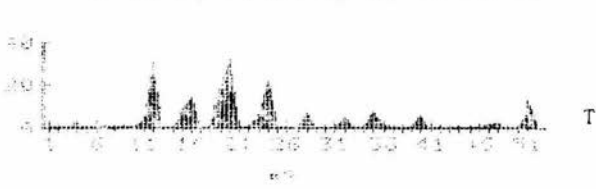
No.Org.



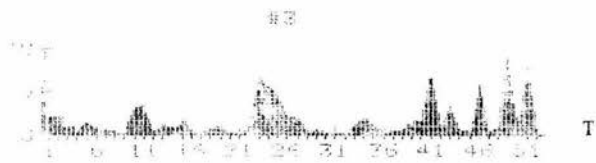
No.Org. ... 57
 Nemátodos



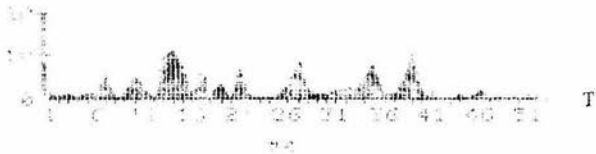
No.Org.
 Rotíferos



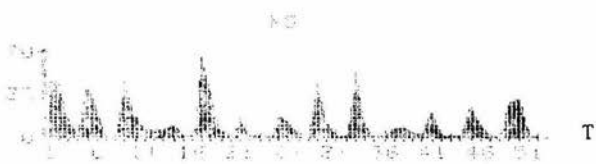
No.Org.
Polytoma uvella



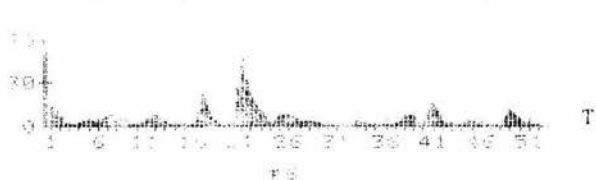
No.Org.
Pleuromonas
jaculans



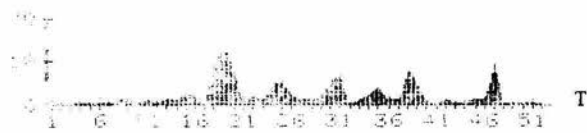
No.Org.
Euglena gracilis



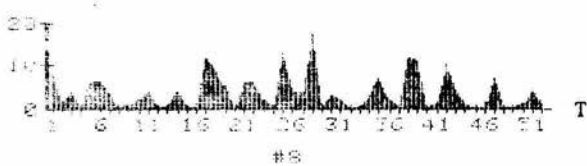
No.Org.
Astasia klebsi



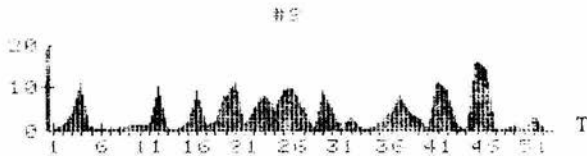
No.Org.
Peranema
trichophorum



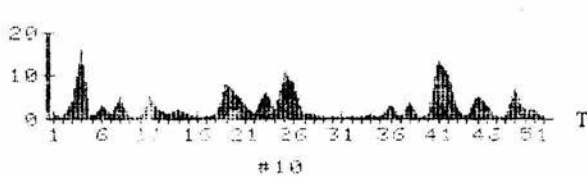
No.Org.
Distigma proteus



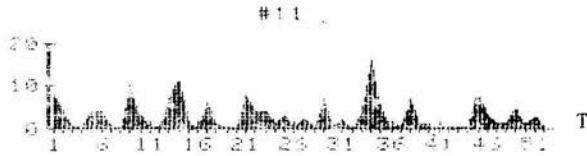
No.Org.
Chlamydomonas
monadina



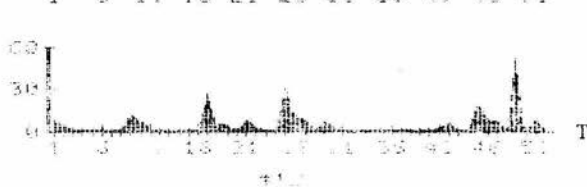
No.Org.
Chlamydomonas
gracilis



No.Org.
Chlamydomonas
guttula



No.Org.
Bodo caudatus



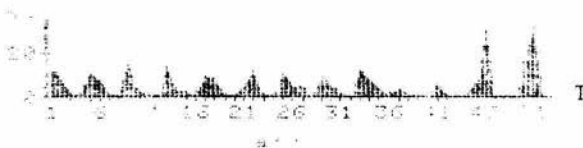
No.Org.

Bodomorpha minima



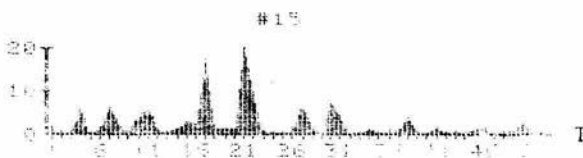
No.Org.

Bodo edax



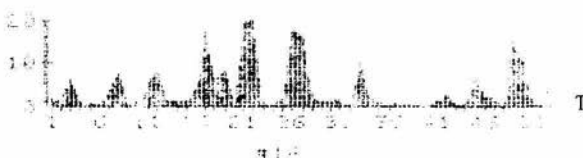
No.Org.

Cercomonas
crassicaudata



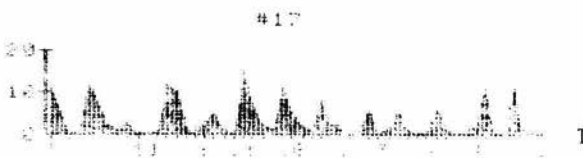
No.Org.

Cercomonas
longicaudata



No.Org.

Hexamita inflata



No.Org.

Trepomonas rotans



No.Org.

819

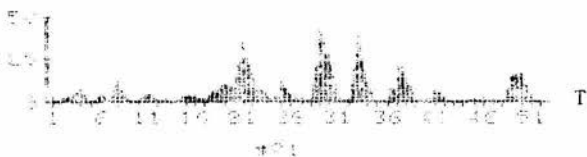
... 60

Trepomonas agilis



No.Org.

Didinium nasutum



No.Org.

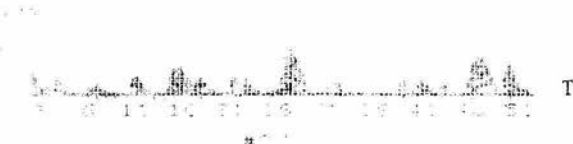
822

Amphileptius
claparedei



No.Org.

Chilodonella
cucullulus



No.Org.

825

Urotricha agilis



No.Org.

Colpoda
cucullus

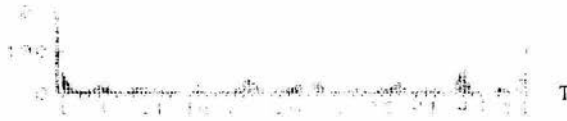


No.Org.

#33

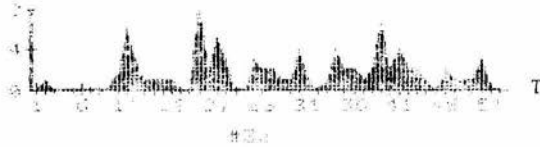
... 61

Cyclidium
glaucoma



No.Org.

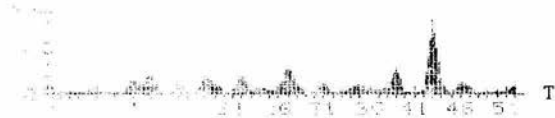
Metopus fuscus



No.Org.

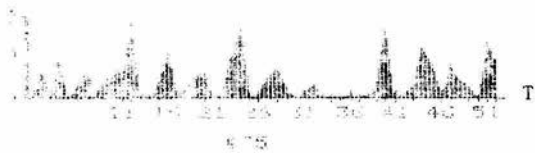
#34

Metopus es



No.Org.

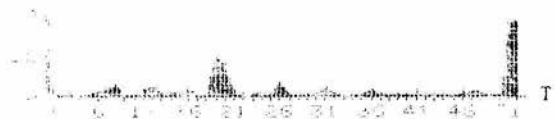
Vorticella spp



No.Org.

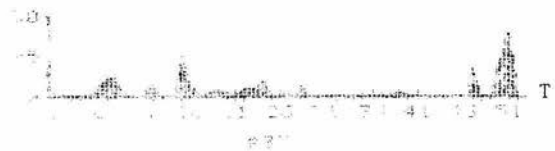
#35

Vorticella
microstoma



No.Org.

Telotrocos

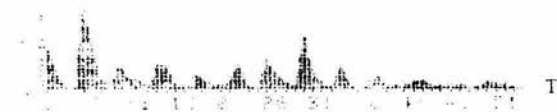


No.Org.

#24

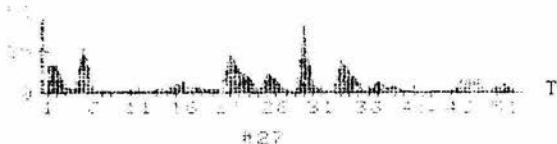
... 62

Tetrahymena
pyriformis



No.Org.

Tetrahymena
vorax



No.Org.

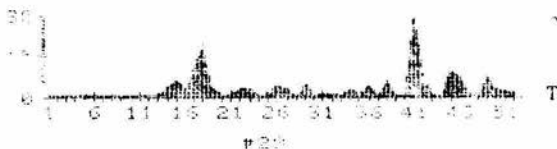
#28

Satrophilus
agitatus



No.Org.

Philaster
armata



No.Org.

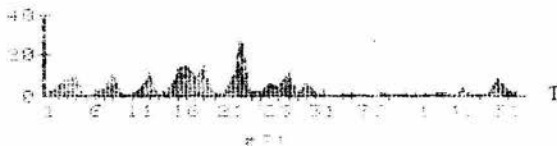
#30

Paramecium
multimicronucleatum



No.Org.

Pleuronema
crassum

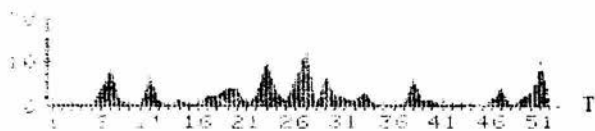


No.Org.

#28

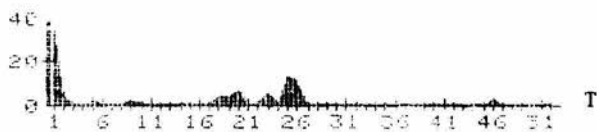
... 63

Opisthnecta
henneguyi

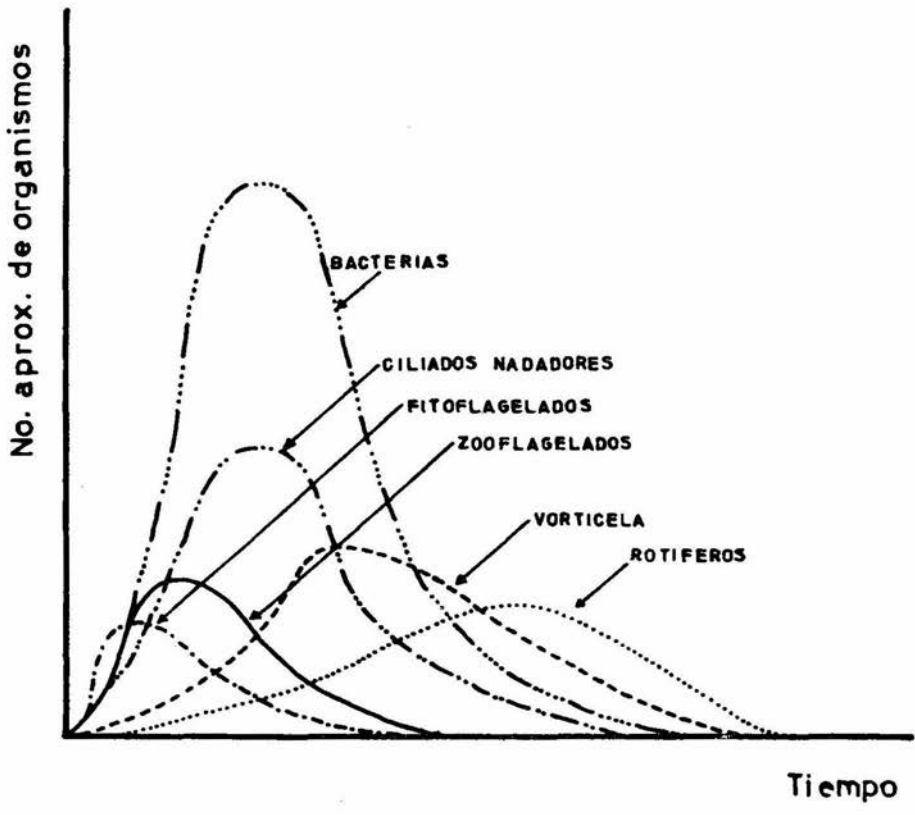


No.Org.

Tetrahymena
glaucoma



#39



GRAF :16 Crecimiento y dominancia de organismos a través del sistema de biodisco (36)
(NOROUZIAN, 1983).

c) INDICES :

El análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos, mediante técnicas de computación y modelos matemáticos es de utilidad para el sistema de biodiscos. (Curds, 1982).

Una manera de comprobación de la calidad de agua obtenida por medios físico-químicos ha sido mediante el empleo de índices ; éstos son métodos aplicados a datos cuantitativos de diversidad y abundancia que se apoyan sobre la hipótesis de distribución de las especies logaritmo o exponenciales. (Leynaud, 1979) Los índices de diversidad y abundancia constituyen una interesante vía de aproximación, donde se expresan, de algún modo, los efectos de la contaminación sobre la biocenosis.

El índice de Margalef (1980) permite que intervengan un número de individuos de cada especie y no toma en cuenta ninguna distribución previa.

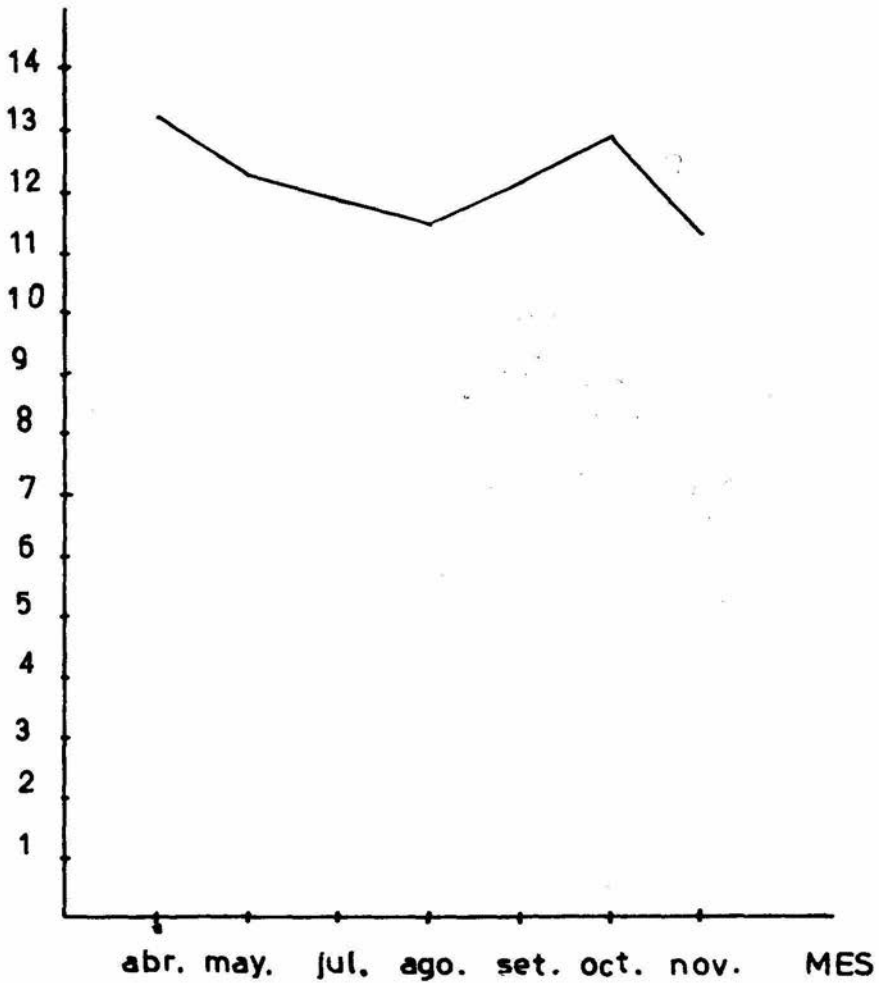
De acuerdo a los resultados que se obtuvieron con este índice y en conjunto con los parámetros físico-químicos del sistema, se puede tener como resultado datos más fieles y apegados a la realidad.

Se observa que la mayor abundancia de los organismos se presentó en el mes de abril; paralelamente se observó un incremento de la temperatura y de la DBO, deduciendo de esto que al existir un aumento en la temperatura y en la DBO, se encuentra presente un potencial oxidativo grande. (Norouzian, 1983). Graf. 17.

Las especies en las que se pudo observar un aumento en abril son : Euglena gracilis, Paramecium multimicronucleatum, - - Cyclidium glaucoma, Tetraymena glaucoma y Didinium nasutum ; este último, presentó un aumento proporcional debido a que se alimenta de Paramecium multimicronucleatum.

El punto más bajo se presentó en el mes de agosto en el que - conjuntamente se observó que los valores aumentaron en la DBO, y una disminución de la DQO. Se encontraron en abundancia , - Vorticella spp, Opistonecta hennenguyi, Tetraymena glaucoma , Bodo caudatus, Hexamita inflata , Cercomonas crassicaudata , Bodomorpha minima, Cercomona longicaudata, Didinium nasutum , Amphileptus claparedei, Satrophilus agitated, Pleuromonas crassum, y se observó una disminución de Chlamydomonas gracilis y de Colpoda cucullus.

De acuerdo con las características antes citadas (parámetros físico-químicos), se puede deducir que las condiciones que - se presentaron en el sistema fueron óptimas para la existencia de una mayor abundancia de distintas especies.



MARGALEF

GRAFICA : 17

Abundancia total de las especies observadas a lo largo de los muestreos según el Índice de Margalef(1980)

INDICE DE MARGALEF

$$D = \frac{S-1}{\text{Log } N}$$

$$S = N^{\circ} \text{ Sp}$$

$$\text{Log } N = \log (\text{abundancia total de todas las sp}).$$

$$D_{IV} = 13.26$$

$$D_{IX} = 12.13$$

$$D_V = 12.21$$

$$D_X = 12.80$$

$$D_{VII} = 11.89$$

$$D_{XI} = 11.38$$

$$D_{VIII} = 11.41$$

El índice Saprobio de Pantle y Buck, (Leynaud, 1979) requiere la utilización combinada de la diversidad específica y los grados de saprobiedad, dando una idea aproximada de la carga orgánica en los medios receptores y permitiendo así, mediante el índice, evaluar en cierta medida, la reducción de la biocenosis. (Leynaud, 1979).

Eso nos permite apreciar las contaminaciones mixtas, (organismos y químicos tóxicos) (Pesson, 1979). La utilización del índice de Pantle y Buck en este estudio, fué con el motivo de conocer el medio saprobio que rige al sistema de biodiscos. De acuerdo a los datos obtenidos se puede decir que el sistema está regido por un índice saprobio que, de acuerdo a los autores ya mencionados, se encuentran en el valor mesosaprobico teniendo un rango de oscilación entre α mesosaprobio y polisaprobio.

De acuerdo a las características de los organismos y a su presencia en las estaciones de muestreo, se observó que en la estación I y II la mayoría de las veces se presentaron organismos polisaprobios; en las estaciones II, III y IV se localizaron organismos α mesosaprobios y en las estaciones III y IV se observaron organismos β mesosaprobios y oligosaprobios. Esto se puede observar en la gráfica 18 y en la tabla II. Se puede concluir que, de acuerdo a los resultados-

obtenidos por este índice, el sistema presenta una capacidad de degradación de la materia orgánica buena.

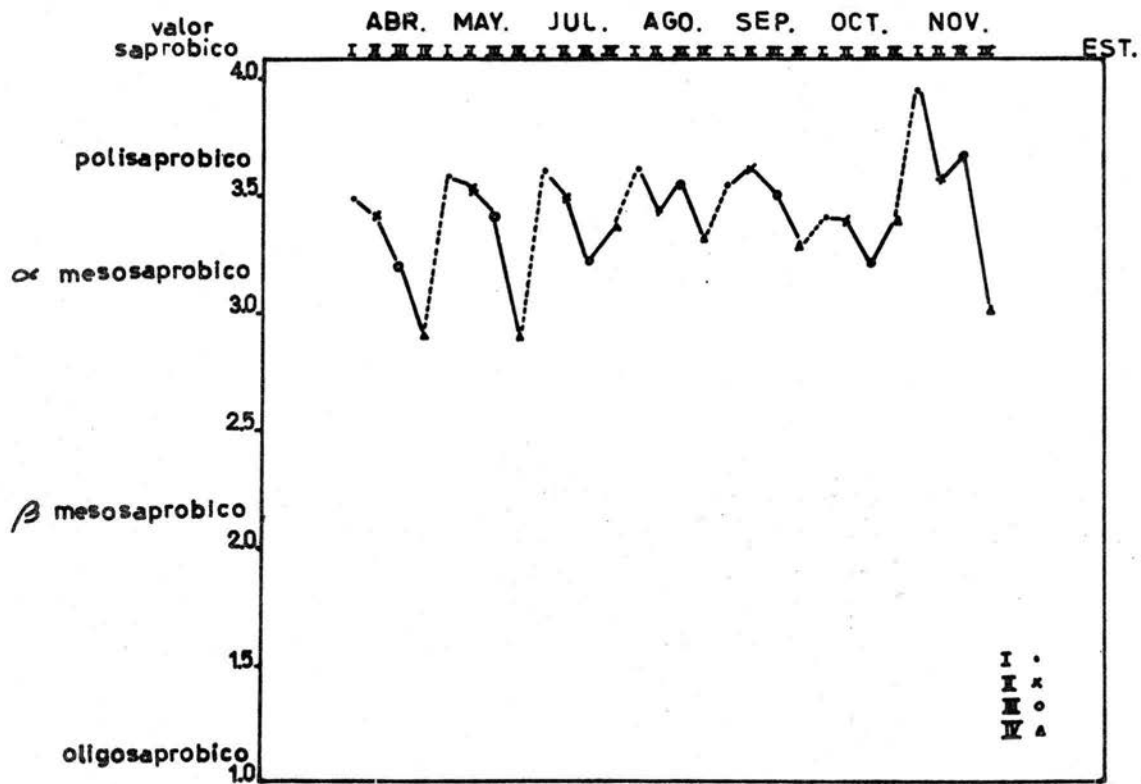
El sistema de biodisco favorece una depuración de organismos de polisaprobios a β mesosaprobios a través de sus diferentes estaciones. De esta manera se observa que la diversidad de especies para cada estación depende de la existencia de la concentración de materia orgánica y otros parámetros físico-químicos, etc.; así la incidencia de organismos polisaprobios se encuentra en la primera estación; disminuyendo en las estaciones subsiguientes. Grafica. 16

En la segunda estación se encuentran fundamentalmente organismos α y β mesosaprobios siendo los primeros los de mayor abundancia, y disminuyendo en la tercera estación, donde se encuentra en mayor número los organismos β mesosaprobios. En la estación IV, se presentan los organismos oligosaprobios. Tabla II .

La calidad del agua según el índice saprobio se presenta en el siguiente esquema:

S = 1.0 -- 1.5	contaminación débil	oligosaprobia
1.5 -- 2.5	contaminación moderada	β mesosaprobia
2.5 -- 3.5	contaminación fuerte	α mesosaprobia
3.5 -- 4.0	Contaminación muy fuerte	polisaprobia

(Leynaud, 1979 y Schwderbell, 1975)



GRAFICA : 18 Distribución de los organismos con valor saprobico en las cuatro estaciones de muestreo I , II , III y IV .

ORGANISMO	VALOR	SAPROBIO
<u>Polytoma uvella</u>	4	polisaprobio
<u>Euglena gracilis</u>	4	polisaprobio
<u>Astasia klebsi</u>	3	α mesosaprobio
<u>Peranema trichophorum</u>	3	α mesosaprobio
<u>Chlamydomonas monadida</u>	3	α mesosaprobio
<u>Bodo caudatus</u>	4	polisaprobio
<u>Bodo edax</u>	4	polisaprobio
<u>Cercomona crassicaudata</u>	4	polisaprobio
<u>Cercomona longicaudata</u>	4	polisaprobio
<u>Hexamita inflata</u>	4	polisaprobio
<u>Trepomonas agilis</u>	4	polisaprobio
<u>Didinium nasutum</u>	3	α mesosaprobio
<u>Anphileptus claparedei</u>	1	oligosaprobio
<u>Chilodonella cucullus</u>	3	α mesosaprobio
<u>Uritricha agilis</u>	3	α mesosaprobio
<u>Colpoda cucullus</u>	3	α mesosaprobio
<u>Paramecium multimicronucleatu</u>	4	polisaprobio
<u>Cyclidium glaucoma</u>	3	α mesosaprobio
<u>Vorticella spp</u>	3	α mesosaprobio
<u>Vorticella mucrostoma</u>	4	polisaprobio

TABLA II

Valor Saprobio de los organismos encontrados

MES	ABRIL	ABRIL	ABRIL	ABRIL
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.4	3.4	3.2	2.9
VALOR				
SAPROBIO	α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO			

MES	MAYO	MAYO	MAYO	MAYO
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.5	3.5	3.4	2.9
VALOR				
SAPROBIO	α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO			

MES	JULIO	JULIO	JULIO	JULIO
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.6	3.5	3.2	3.3
VALOR				
SAPROBIO	POLISAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO			

TABLA II

MES	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.6	3.4	3.5	3.3
VALOR				
SAPROBIO	POLISAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO	MESOSAPROBIO

MES	SEPTIEMBRE	SEPTIEMBRE	SEPTIEMBRE	SEPTIEMBRE
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.5	3.6	3.5	3.3
VALOR				
SAPROBIO	α MESOSAPROBIO	POLISAPROBIO	α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO	MESOSAPROBIO

MES	OCTUBRE	OCTUBRE	OCTUBRE	OCTUBRE
ESTACION	I	II	III	IV
VALOR	3.3	3.4	3.4	3.2
VALOR				
SAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO α MESOSAPROBIO	MESOSAPROBIO

TABLA II

MES	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE	NOVIEMBRE
ESTACION	I	II	III	IV	
VALOR	3.9	3.5	3.7		
VALOR					
SAPROBIO	POLISAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO	α MESOSAPROBIO

TABLA II

EL INDICE DE SHANNON:

Al igual que el índice de Margalef(1980) el de Shannon es -- uno de los índices más frecuentemente utilizados para detectar, de una manera global la contaminación sobre la biocenosis.

El valor de 4.976, fué la medida del valor total de los muestros del índice de Shannon. Este valor es confiable ya que-- según Norouzian(1983) los valores mayores de 5 representan - una biocenosis muy compleja, tal como la de un estuario.

Se procedió a calcular el índice de Shannon por mes para de - terminar la abundancia de organismos que se observaron en el sistema, gráfica 19 y con ésto corroborar los resultados del-- índice de Margalef y Pantle y Buck. Gráficas 17 y 18 .

Para Polytoma uvella, se observó un aumento; Pleuromonas -- jaculans, Astasia klebsi y Bodo caudatus se presentaron prin-- cipalmente en el mes de julio y principios de agosto teniendo un descenso después ; Philaster armata, Vorticella spp , - - Chlamydomonas monadina, tuvieron un comportamiento estable - a lo largo del sistema .

Las especies que disminuyeron fueron : Chlamydomonas guttula, y Tetraymena glaucoma.

En el mes de septiembre se determinó el valor del índice más bajo debido, en parte, a la disminución del contenido coprozoico en el agua, resultado de un paro de labores en la Universidad, con la consecuente disminución en el uso de los sanitarios. Graf. 19 .

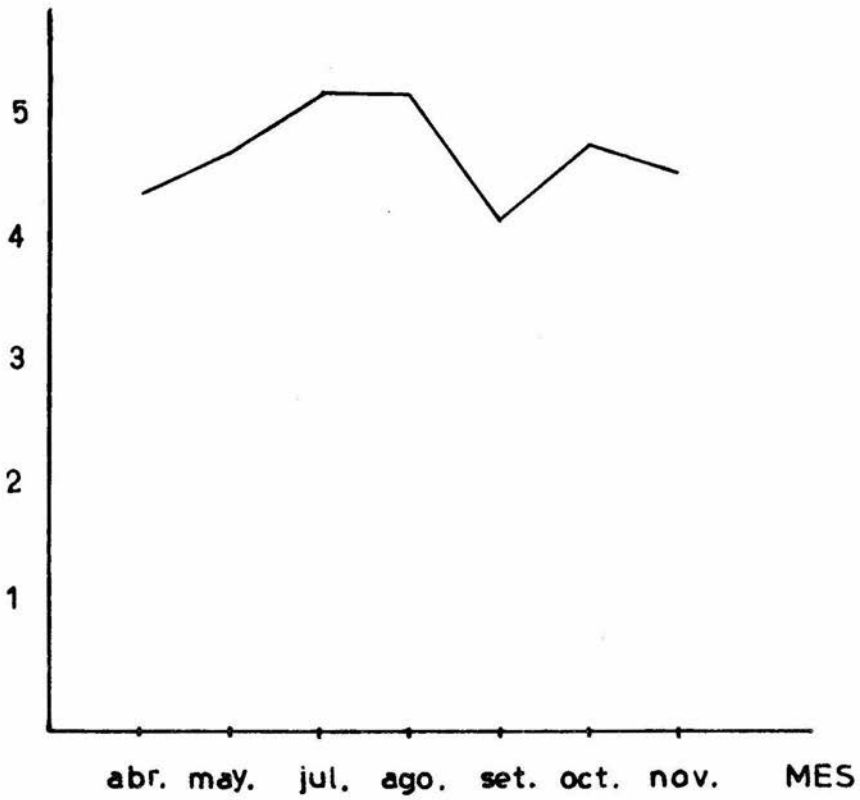
En los meses de julio y agosto, como se aprecia en la grafica 19 , se determinó la mayor abundancia, Una de las causas del aumento de los protozoos es debido a las condiciones favorables y a la época de reproducción de las especies. Aundo a ello, probablemente influyeron las lluvias. La precipitación que prevaleció en esos meses, propició el arrastre de organismos al biodisco provenientes de áreas aledañas. Así mismo, el incremento de infecciones intestinales provocadas por protozoos pudieron influir en el incremento de los organismos en el sistema.

En los meses de mayo, julio, septiembre y noviembre se observó una estabilización de los organismos reportados tales como: -- rotíferos, Astasia klebsi, Chamydomonas gracilis, Bodo caudatus, Trepomonas rotans, Trepomonas agilis, Chilodonella cucullus, - - Paramecium multimicronucleatum, Cyclidium glaucoma y Didinium nasutum.

Esto se encuentra determinado por la estandarización de parámetros físico-químicos, que provocaron que existieran condiciones óptimas como es, una mayor cantidad de nutrientes.

Se observó una disminución de Tetraymena glaucoma y Tetraymena vorax, en estos meses.

En el mes de noviembre hubo una disminución en la temperatura - que es un factor importante en la abundancia de los organismos.



SHANNON

GRAFICA : 19 Abundancia total de las especies a lo largo de losmuestreos según el índice de Shannon.

INDICE DE SHANNON

$$3.3219 \left[\log N - \frac{\sum n_i \log n_i}{N} \right]$$

Mes IV = T= 4.49

Mes V = T= 4.75

Mes VII= T= 5.27

Mes VIII= T= 5.25

Mes IX = T= 4.29

Mes X = T= 4.88

Mes XI = T= 4.65

Indice de Shannon total de sp :

T= 4.97

C O N C L U S I O N E S :

- El sistema de biodisco favorece una depuración de organismos patógenos.
- El biodisco tiene como característica importante, la de funcionar como un sistema aerobio, y ésto se confirma con la presencia de rotíferos, siendo que éstos indican una buena calidad de agua.
- Las especies de ciliados y zooflagelados que predominan en el biodisco son de vida libre, bacteriófagos y coprófilos y gracias a ellos el proceso de purificación es mayor.
- Los ciliados fijos dominan sobre los protozoos libre debido a que sus requerimientos de energía, son menores y pueden obtener suficiente comida, aun cuando muchas bacterias se encuentran en estado floculado.
- El uso de las especies indicadoras de contaminación encontradas en el sistema de biodiscos, ayudó a evaluar la calidad del agua durante su paso por el sistema; los resultados obtenidos de esta forma confirmaron los datos fisico-químicos.
- El incremento de la DBO y de la DQO en la primera etapa se debió al tamaño más grande del biodisco que capta una mayor cantidad de organismos ; ésto se presenta en la estación I donde se localizaron la mayoría de los organismos.
- De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que el biodisco trabaja satisfactoriamente , aunque las dimensiones de éste sean mayores de lo que se requiere.

-- Los ciliados son útiles en este sistema porque , con la -
formación de mucus ayudan a la floculación ; y por la canti-
dad de sus cilios ayuda también a la microcirculación de los
líquidos.

Son necesarias posteriores investigaciones para tener una com-
prensión completa del papel que desempeñan los organismos y los
parámetros fisico-químicos dentro del sistema de biodiscos.

BIBLIOGRAFIA

- A.P.H.A. (1980) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed. Board Washington, D.C, E.U.A.
- Autotrol Corporation (1978) Autotrol Wastewater Treatment Systems Design. Manual Biosystems Division. Autotrol Corporation, E.U.A., No. 10267
- Barnes, R. (1977) Zoología de los Invertebrados. Ed. Interamericana, México. pp 7-86
- Bick, H. (1964) An illustrated Guide to Ciliated Protozoa Used As Biological Indicator. Fresh Water Ecology. Zoological Institute. Universidad de Bonn, República Federal Alemana. pp 67-80.
- Bintaja, H.J. (1975) The Use of Oxygen in a Rotating Disc Process Water Research. Pergamon Press, Vol. 10 pp 561. E.U.A.
- Corliss, J.O. (1979) The Ciliated Protozoa. Pergamon Press Ltd., 2a. edición, Inglaterra.
- Cramer, R. (1931) The Role of Protozoa in Activated Sludge. Industrial and Engineering Chemistry, E.U.A. Vol. 22, pp 309-313
- Curds, C.R. (1963) Protozoa. Department of Zoology. Academic Press Nueva York. pp 203-262
- Curds, C.R. (1965) An Ecological Study of the Ciliated Protozoa in the Activated Sludge Process. Wat. Pol. Cont., 67: 312-329
- Curds, C.R. (1970) Protozoa in Biological Sewage Treatment Process I. Water Research, Vol. 4, pp 225-236
- Curds, C.R. (1982) British and other Fresh Water Ciliated Protozoa University Press. Cambridge. Parte I. pp 387
- Curds, C.R. & Pike, E.B. (1966) The Microbial Ecology of the Activated Sludge Process. Department of the Environmental Water Pollution Research Laboratory. Academic Press. Nueva York. pp 123-147
- Dix, H.M. (1981) Environmental Pollution. John Wiley & Sons. Binghampton, Nueva York.

- Edmonds, P. (1978) Transformations in Geochemical Cycles of Microbiology. MacMillan Publishing, C.O. Inc. Nueva York. pp. 181-192
- Franco, J. & de la Cruz, G. (1982) Manual de Prácticas. Depto. de Ecología y Biología de Campo. E.N.E.P.I., México.
- Gloyna, E.F. (1973) Estanques de Estabilización de Aguas Residuales Organización Mundial de la Salud. Ginebra. pp. 1-117
- Haro Vera de A. (1976) Atlas de Zoología (Invertebrados). Ed. Promotora y Editora Mexicana, S.A. México, pp. 32-36
- Honigberg, B.M., Balamuth, W. Bovee, E.C. & Corliss, J.A. (1964) A Revised Classification of the Phylum Protozoa. Jour. Protozool. 11 (1). pp 7-20
- Hughes, E.D. & Stafford, A.B. (1976) The Microbiology of Activated Sludge Process. Department of Microbiology. University College. Cardiff, Wales. Academic Press. E.U.A. pp. 236-257
- Huston, M. (1979) A General Hypothesis of Species Diversity. Division of Biological Sciences. University of Michigan Ann. Nat., Michigan, E.U.A. Vol. 113. pp 81-101
- Jahn, T.L. & Bovee, E.M. (1980) How to know the Protozoa. William C. Brown Co. Publish, Iowa. pp 279
- James, A. (1979) Biological indicators of Water Quality. John Wiley & Sons. eds. Londres. pp. 1: 1-16; 2: 17-45; 3: 46-71; 4:1-21
- Kudo, R. (1982) Protozoología. C.E.C.S.A. 7a. Edición. México.
- Levine, N.D., Corliss, J.O., Cox, F., Deroux, E.G. & Grain, J. (1980) A Newly Revised Classification of the Protozoa. Com. Sist. & Evol. Society of Protozoologist. 27(1) pp. 37-58
- Lockwood, A.M. (1976) Effects of Pollutants on Aquatic Organisms. Cambridge University Press, E.U.A. pp. 1-47
- López, E. (1965) Ciliados mesosapróbicos de Chapultepec (Sistemática, Morfología, Ecología) Rev. Soc. Mex. de Hist. Nat. Tomo XXVI pp 115-246
- 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. Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Zaragoza. México.

- Margalef, R. (1980) *Ecología*. Ed. Omega. México. pp. 15-81; 359-382; 435-472
- McKinney, E.R. & Gram, A. (1956) Protozoa and Activated Sludge. *Sewage and Industrial Wastes*. E.U.A. Vol. 28. pp. 1219-1231
- Morishita, I. (1976) Protozoa in Sewage and Wastewater Treatment Systems. *Trans. Amer. Microb. Soc. E.U.A.* 95 (3). pp 373-377
- Norouzian, M. (1983) *The Microbiology of Fixed Film Processes*. Inst. Ing. U.N.A.M. En: *Curso y Simposio Internacional sobre Biología de la Contaminación*. México. pp. 13-20
- Norouzian, M. (1983) A Performance Evaluation and Kinetics Determination of an RBC System Operating at the C.U. Wastewater Treatment Plant. *Project. Report. Inst. Ingeniería. U.N.A.M. México. No. 3506.* pp 183
- Norouzian, M. (1984) A Microbiological Study of a Structurally modified RBC System. *Inst. Ing. U.N.A.M. En: Second International Conference on Fixed-Film Biological Processes. E.U.A.* pp. 10-12
- ✓ Pace, L.M. & Orcutt, D.J. (1981) The Relative Importance of Protozoans, Rotifers and Crustaceans in a Fresh Water Zooplankton Community. *Limnol. Oceanogr. Dept. of Zoology. Universidad de Georgia, Atenas.* 26 (5) pp. 822-830
- Palmer, L.L. & Beyer, A.H. (1981) Biological Oxidation of Dissolved Compounds in Oilified Produced Water by a Pilot Biodisk. *Standard Oil Co. Richmond Lab. E.U.A. Vol. 33. 6:* pp 1136-1140
- Pesson, P. (1979) *La Contaminación de las Aguas Continentales. (Incidencias sobre las Biocenosis Acuáticas)* Ed. Mundiprensa, España. pp 1-43; 175-201
- Rabinovich, J.E. (1980) *Introducción a la Biología de Poblaciones Animales*. Ed. Continental, S.A. 1a. edición. México. pp. 17-38; 112-113; 173-193
- Rico, G. & López, E. (1976) Aspectos Biológicos de los Protozoarios de las Aguas Negras de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. vol. 37.* pp 221-227

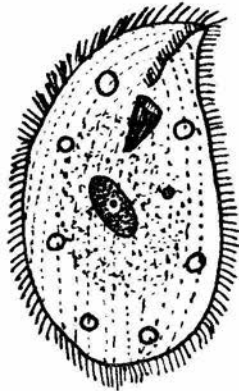
- Rico, G. (1976) Protozoarios Ciliados de México. XIII. (Frecuencias de algunas especies que habitan en el drenaje doméstico) Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. Vol. 37. pp 229-232
- Rivera, F. & López-Ochoterena, E. (1979) A Quantitative Morphological Study of Protozoa Polluting Tap Water in Mexico City. Trans, Amer. Micros. Soc. Vol. 98 (3). pp. 465-469
- Rivera, F., Galván, M., Robles, E. Leal, P. y Gonzalez, L. (1981) Bottled Mineral Waters Polluted by Protozoa in Mexico. Journ. Protozool. Vol. 28 (1) pp. 54-56
- Riviere, J. (1979) Métodos Generales de Depuración de las Aguas por los Detergentes. En: P. Pesson: Contaminación de las Aguas Continentales. Ed. Mundiprensa. Madrid. pp. 28-41
- Ronald, L.A. & Hynek, R.L. (1982) Field Experience with Rotating Biological Contactors Treating Domestic and Wastewater. Mex. Soc. Lant. Eng. Conference, México. pp. 24-27
- Rosenblueth, A. (1981) El Método Científico. Ed. Prensa 2a edición pp. 26-35; 78-83; 105
- Schwederbei, J. (1975) Métodos de Microbiología. (Biología del Agua Dulce). Ed. Blume, España. pp. 199-215
- Siebold, (1845) Clasificación del Phylum Protozoa
- Slabber, J.L. & Morgan, W.S. (1982) A Bioassay technique Using Tetrahymena Pyriformis for the Rapid Assessment of Toxicants in Water. Water Research. Vol. 16. pp. 517-523
- Sladecer, V. (1979) Continental Systems for the Assessment of River Water Quality in Biological Indicators of Water Quality. Ed. Ericson, Nueva York. pp. 3-32
- Sleigh, M. (1973) Biología de los Protozoos. Ed. Blume. España. p. 399
- Sullivan, H.J. & Putnay, D.H. (1981) Statistical techniques for Evaluating Procedures and Results for Periphyton Sampling. Ed. American Society for Testing and Materials. E.U.A. pp. 132-141
- Trulear, M.G. & Characklis, W.G. (1977) Dynamics of Biofilm Processes. Jour. Wat. Poll. Contr. Fed. Vol. 54 (9) pp. 1288-1302

- Tuffery, G. (1979) Incidencias Ecológicas de la Polución de las Aguas Corrientes, Reveladores biológicos de la Polución. En: P. Pesson: Contaminación de las Aguas Continentales. Ed. Mundiprensa. Madrid. pp. 215-253
- Turk, A. & Turk, J. (1973) Ecología. (Contaminación Medio Ambiente) Ed. Interamericana. 1a edición. México. pp. 115-151
- Verneaux, J. (1979) Aplicación del Método de los "Indices Bióticos" a Nivel de Red Hidrográfica. Cartografía de la Calidad Biológica de las Aguas y Fundamentos Biológicos y Ecológicos del Estudio de las Aguas Continentales. En: P. Pesson: Contaminación de las Aguas Continentales. Ed. Mundiprensa. Madrid. pp. 257-330
- Von Klauz, H. (1979) Systematik und ökologie der Farblosen Flagellaten des Abwassers. Arch. Protistenk. Vol. 121. pp. 75-137 Alemania.
- Westphal, L.A. (1977) Zoología Especial Protozoos. Ed. Omega. España. p. 193
- Wetzel, R.G. (1975) Limnology. Saunders College Pub. Filadelfia.
- Wolfgang, P. (1976) El Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas (Técnicas de Depuración). Ed. Urmo, S.A. 1a edición. España. Tomo VI. p. 132

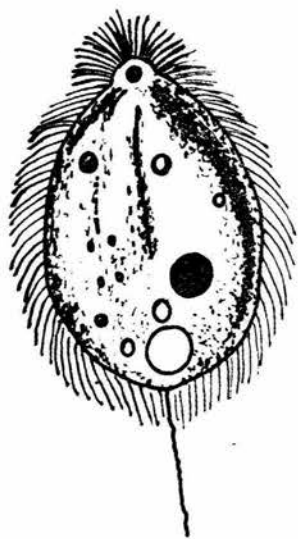
Anexo 1 ESQUEMAS DE LOS ORGANISMOS DETERMINADOS.



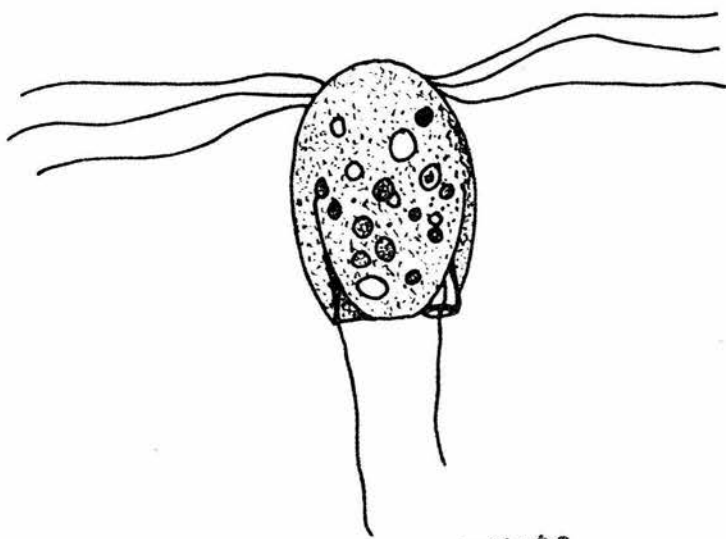
Amphileptus claparedei Stein



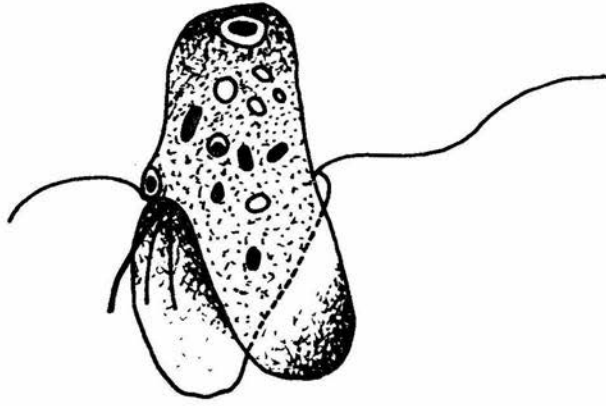
Chilodonella cucullulus



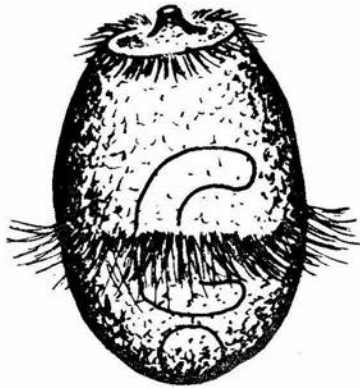
Urotricha agilis



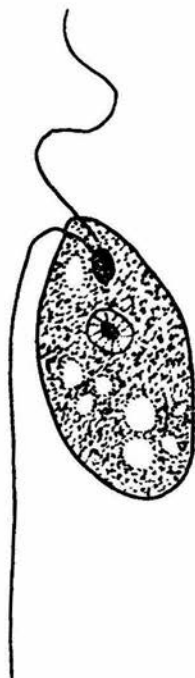
Hexamita inflata



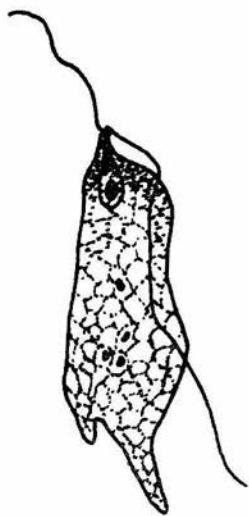
Trepomonas agilis



Didinium nasutum



Bodo edax



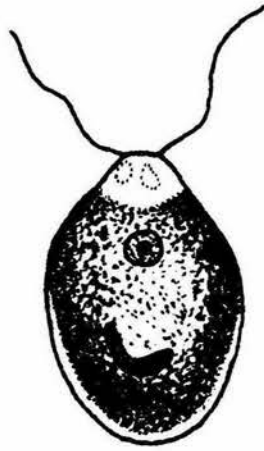
Cercomonas crassicauda



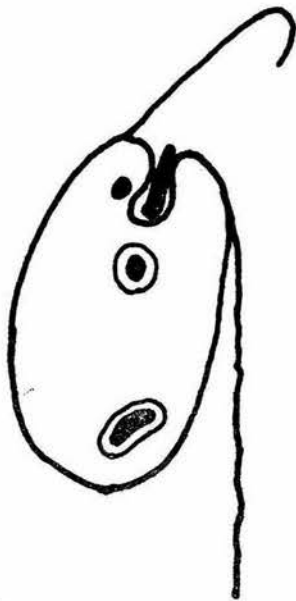
Cercomonas longicauda



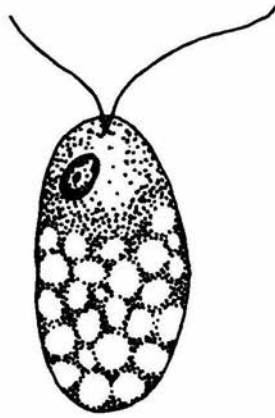
Peranema trichophorum



Chlamydomona monadina



Bodo caudatus



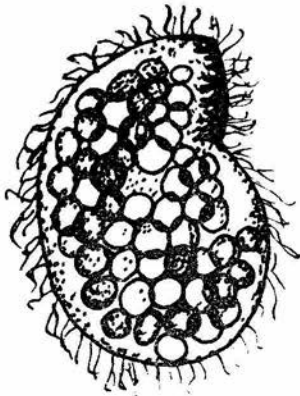
Polytoma uvella



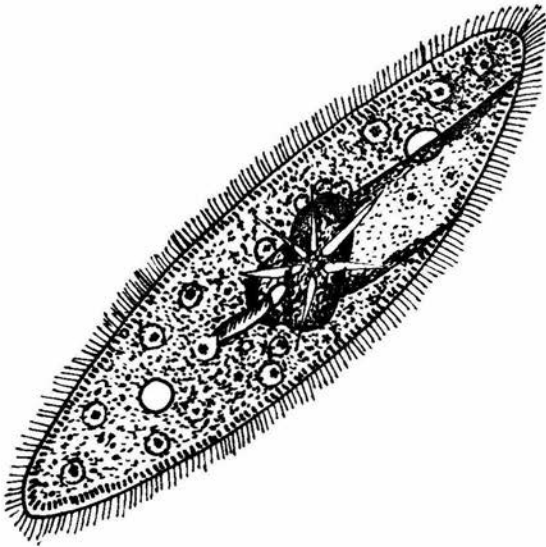
Euglena gracilis



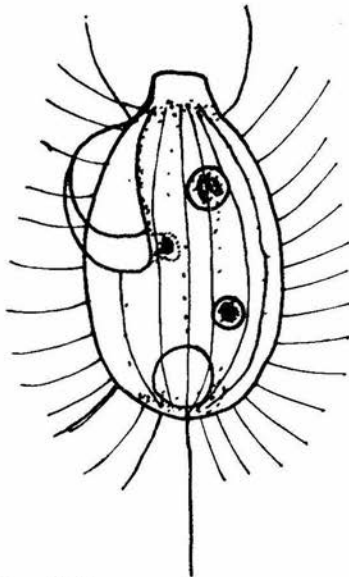
Astasia klebsi



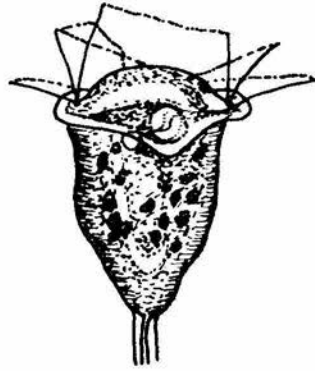
Colpoda cucullus



Paramecium multimicronucleatum



Cyclidium glaucoma



Vorticella sp.



Vorticella microstoma