



13.  
29.

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ZARAGOZA"

"PAPEL DEL ORDEN EUGLENIDA BÜTSCHLI,  
1884 COMO ORGANISMOS INDICADORES DE  
CONTAMINACION EN LAS AGUAS ALMACENA-  
DAS EN UN ESTANQUE DE ESTABILIZACION  
EN STO. TOMAS ATZINGO, EDO. DE MEXICO  
EN EL SEMESTRE JULIO -ENERO DE 1981 -82"

**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 :  
**RICARDO ORTIZ ORTEGA**



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.

## I N D I C E

RESUMEN .....	1
INTRODUCCION .....	2
ESTANQUES DE ESTABILIZACION	
ANTECEDENTES HISTORICOS .....	5
CLASIFICACION Y ASPECTOS GENERALES .....	6
BIOQUIMICA DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION .....	12
ECOLOGIA DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION FACULTATIVOS.....	14
USO DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION EN MEXICO .....	16
PRINCIPALES CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS Y TAXONOMICAS DEL GENERO Euglena.....	18
DESCRIPCION DEL ORDEN EUGLENIDA (BUTSCHLI, 1884) .....	19
CLASIFICACION EN LOS EUGLENALES .....	21
CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS GENERALES .....	27
TAMAÑO .....	28
FORMAS Y COLORES .....	29
CLOROPLASTOS Y PIRENOIDES .....	30
NUCLEO .....	32
ESTIGMA .....	34
CUERPO PARA FLAGELAR O FOTORRECEPTOR .....	35
SISTEMA DE LOCOMOCION .....	37
RESERVORIO (CITOSOMA) .....	38
PARAMILO .....	39
CELULAS DE PROTECCION (QUISTES) .....	40
ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS DE LOS EUGLENOIDINOS .....	43
PRINCIPALES HABITATS .....	44
LOS EUGLENOIDINOS COMO ORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACION .....	47
CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	49

OBJETIVOS .....	52
METODOLOGIA .....	53
RESULTADOS .....	57
DISCUSION .....	77
CONCLUSIONES .....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	86
ANEXO I .....	92
ANEXO II .....	93

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en un sistema de tratamiento de aguas domésticas constituido por dos estanques de estabilización conectados en serie, para evaluar el papel que juegan los organismos Euglenales, en los procesos de recirculación de la materia orgánica, el tipo y la frecuencia, así como, su relación con algunos factores físicos y químicos, como son: Temperatura del aire, temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH, transparencia del agua, compuestos del nitrógeno (nitratos, nitritos), compuestos del fósforo (ortofosfatos) y parámetros relacionados con el sistema amortiguador, bióxido de carbono-bicarbonatos-carbonatos.

Se realizaron 14 muestreos en el lapso comprendido entre el mes de julio de 1981 y abril de 1982.

Se identificaron 6 tipos de Euglenales: Euglena viridis, Euglena proxima, Euglena agilis, \*Chlamydomonas sp. Astasia sp. y en número pequeño Phacus sp.

Las especies más abundantes fueron Chlamydomonas sp. y Euglena viridis y la menos abundante Phacus sp.

Se determinó la frecuencia de especies y se utilizó el índice de Pantle y Buck, indicando el predominio de condiciones polisaprobias en el sistema.

El análisis de datos indica una predominancia de condiciones anaerobias en el agua del sistema. La temperatura, la transparencia parecen ser los factores determinantes sobre la frecuencia de los protozoarios fitoflagelados.

\*NOTA: Chlamydomona sp. está considerada también como Euglenal (Kudo, 1972).

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

El agua es uno de los elementos esenciales para el metabolismo de todo ser vivo, además de formar parte del protoplasma celular, constituye del 70 al 90% del peso de la mayoría de los organismos. Por otro lado, la mayoría de los componentes celulares están primordialmente formados de iones tanto de hidrógeno como de oxhidrilo, como lo son, la estructura de las proteínas, la estructura de la membrana citoplasmática y los ácidos nucleicos. De lo anterior se presenta la importancia de este vital líquido para todas y cada una de las funciones de los seres vivos.

El aumento de las poblaciones y el surgimiento de nuevas actividades industriales (46), trae como consecuencia un aumento en la cantidad y tipos de contaminantes, por lo que se hace necesario implementar sistemas de tratamiento para las aguas de desecho. La mayoría de los países siempre han padecido el gran problema de la contaminación por la acumulación de aguas residuales, ya sea de tipo doméstico o industrial. Las aguas de estos tipos son incapaces de integrarse en forma eficaz a los sistemas depuradores naturales existentes, ocasionando problemas tanto sanitarios como estéticos, y lo más importante, daños a mantos freáticos, ríos, flora y fauna cercana a la zona de influencia (38,41).

Hoy en día se han desarrollado un gran número de sistemas de tratamiento de aguas de desecho, empleándose procedimientos químicos, físicos y biológicos, y aún más, combinaciones de éstos, lo que permite una mayor y mejor depuración de los cuerpos de agua.

Dentro de los sistemas de depuración biológica más usados

en muchos países del mundo, se encuentran los estanques de estabilización, que eliminan la materia mineral y orgánica. Alemania Federal, India, Israel, México, Estados Unidos, Japón - son algunos de los países que utilizan este tipo de tratamiento (17). Su importancia radica fundamentalmente por el bajo costo de su construcción, así como, de su mantenimiento y operación. Esto es de suma importancia, sobre todo, en zonas rurales y de escasos recursos (65), por la posibilidad de usar este tipo de agua, para el riego de ciertos cultivos (17,66).

Dentro del proceso de degradación de la materia orgánica, que se presenta en los estanques de estabilización, participan un gran número de microorganismos, como son las algas, bacterias, protozoos y rotíferos (19,39): En los primeros, uno de los géneros más comunes es Euglena (70,73); las especies presentes dependen de la cantidad de materia orgánica existente en el sistema, por ejemplo: Euglena gracilis (KLEBS) es indicadora de condiciones  $\alpha$  y  $\beta$  polisaprobias (67,68,72). Cabe aclarar que el concepto de organismo indicador, es muy extenso, ya que considera a los organismos desde diferentes puntos de vista y para condiciones específicas (6,48,75). Por otro lado la mayoría de los organismos euglenoidinos además de necesitar vitaminas (aloauxótrofos), son heterótrofos facultativos (como volvocales y clorocales), los cuales son capaces de asimilar compuestos orgánicos sencillos, en ausencia de la luz (27). -- Siendo para los euglenoidinos, el nitrógeno amoniacal la única fuente asimilable de nitrógeno.

Estos grupos al contar con formas aloauxótrofas, heterótrofas facultativas y en algunos casos fotótrofas y formas parásitas, son organismos resistentes a poluciones orgánicas y físicas (1). Así que por lo anterior se considera a los euglenoidinos como organismos característicos de condiciones de hipereutrofia y politrofia (4,40).

La función de estos organismos y el papel que desempeñan en los sistemas de tratamiento, aún no son bien conocidos; - sin embargo, además de proporcionar oxígeno al sistema (por - fotosíntesis) y participar como bacteriófagos (4,36), consti- tuyen un eslabón muy importante en la sucesión energética a - lo largo de la cadena de alimentos (69).

De lo anterior, surge un gran interés por el estudio de estanques de estabilización como mecanismos depuradores de a- gua en nuestro país, así como, el mayor conocimiento de la - Biología de los euglenales; por lo que, trabajos como éste, - son necesarios e importantes para poder esclarecer aún más - las vías por las cuales se realiza la depuración biológica en los estanques de estabilización.

## ESTANQUES DE ESTABILIZACION

### ANTECEDENTES HISTORICOS

El uso de los estanques de estabilización se remonta a varios siglos atrás, en la región asiática (17). Por el contrario la depuración de aguas por estos sistemas en el mundo occidental se llevó a cabo desde fines del siglo XIX (1892) - (17). Como resultado de los trabajos del Caldwell en 1946, se proporcionan los principales fundamentos científicos en el funcionamiento de estos sistemas, habiéndose construido en los Estados Unidos los primeros estanques, (17). Un estudio de la O.M.S., establece el uso, de estos estanques en 39 países, incluyéndose México, para el tratamiento de aguas de desecho de tipo doméstico (25). Al mismo tiempo México contaba con catorce estanques, Brasil con 30, Cuba con 24, Argentina con 23, Perú con 21, Ecuador con 11, Costa Rica con 10, Chile con 9, Colombia y Venezuela con 7, El Salvador con 5, Guatemala y -- Trinidad Tobago con 4, Nicaragua y Panamá con 3, Barbados con 2 Bolivia, Honduras, República Dominicana, Uruguay con 1. De donde en América Latina hacen un total de 181 estanques de estabilización, (21,71).

En México se han tratado de consolidar proyectos para la construcción de estanques de estabilización, para aguas de desecho en poblaciones rurales, llevándose bajo bases totalmente empíricas y para condiciones tanto de diseño como climáticas de otros países (21,62,71).

Los estanques de estabilización en México se localizan principalmente en la parte norte de nuestro país. Estos estanques que han sido construidos por la Secretaría de Recursos - Hidráulicos (SARH), se distribuyen de la siguiente manera: Sonora 3, Baja California Norte, Baja California Sur, Coahuila y Tamaulipas con 2, Quintana Roo, Durango y Puebla con 1 (21, 71).

## CLASIFICACION Y ASPECTOS GENERALES

Existen un gran número de términos para clasificar los estanques de estabilización.

El término estanque de estabilización, se aplica a cualquier estanque, diseñado para el tratamiento de aguas residuales de una manera biológica (17,19,25,39).

El término estabilización se aplica principalmente a la transformación de la materia orgánica muerta (desechos en estado putrefacto) en una forma orgánica viva (células de algas) (14,72). Esta transformación de los desechos es llevada a cabo por microorganismos como algas y bacterias (15,39,70). Las primeras proporcionan oxígeno al sistema como producto final de la fotosíntesis, este es aprovechado por las bacterias en los procesos oxidativos en la descomposición de la materia orgánica en compuestos simples como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{NO}_3^-$ , los cuales las algas utilizan para su metabolismo (13,19).

La estabilización de la materia orgánica tiene como fin primordial el reducir la D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), del cuerpo de agua receptor de desechos, esto es, la cantidad de oxígeno requerido, disminuyendo el peligro de una considerable baja en la concentración de oxígeno del cuerpo de agua (11,31,49).

Considerando los niveles de oxígeno disuelto los estanques se pueden clasificar como sigue (25,17).

- Lagunas Anaerobias: Son estanques donde a lo largo de la columna de agua no se presenta oxígeno.

- Lagunas Aerobias: Son estanques donde se encuentra el oxígeno presente, que, es suministrado por la actividad fotosintética de las algas y por la difusión de oxígeno de la atmósfera a la superficie del estanque.

- Lagunas Facultativas: Son estanques que presentan una estratificación del oxígeno disuelto, formándose una capa superior que es aerobia y una capa inferior que es anaerobia.

- Lagunas de Maduración: Estos estanques se caracterizan por tener un tiempo de retención alto, por lo que, es mayor la reducción de patógenos.

Si se considera la actividad biológica, los estanques de estabilización se clasifican de la siguiente manera (17).

- Lagunas Aerobias de Algas.
- Lagunas Anaerobias.
- Lagunas Facultativas.
- Lagunas Aireadas Mecánicamente.

#### LAGUNAS ANAEROBIAS:

Este tipo de estanques son diseñados para recibir altas cargas orgánicas, su profundidad es mayor a 2.5 m. (30). Las condiciones se originan por la poca actividad de las algas y el corto tiempo de permanencia (13,30). Pero principalmente se debe a las poblaciones bacterianas anaerobias que juegan un papel muy importante. Estas se componen principalmente por bacterias formadoras de ácidos orgánicos y metano (41).

Este tipo de bacterias necesitan de aguas alcalinas. Además la temperatura óptima es por encima de los 15°C, de no ser así el estanque funcionaría como estanque de sedimentación (17).

Los estanques de este tipo son usados principalmente para la depuración de desechos de origen industrial, generalmente junto con lagunas facultativas; sin embargo, también son usadas en desechos de tipo doméstico, siempre y cuando, estén sobrecargadas indefinidamente (17). En lugares donde la temperatura es elevada pueden obtenerse remociones de la D.B.O. de -

hasta un 80% (17), pero a temperaturas menores el promedio - no supera el 70% (30).

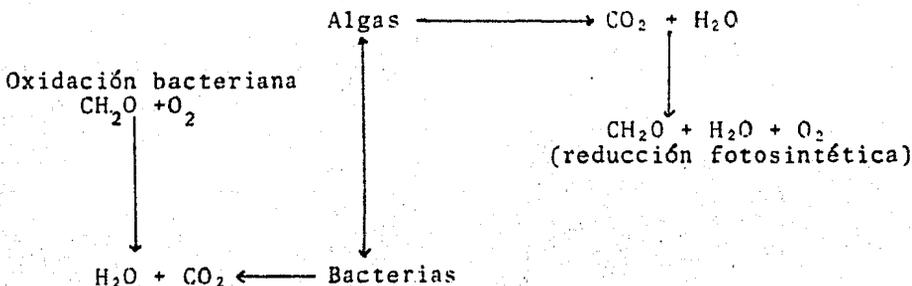
LAGUNAS FACULTATIVAS:

Son estanques usados con mayor frecuencia que los demás. Reciben aguas crudas o, que han sido tratadas previamente, se usan como reservorios de afluentes asentados de tanques sépticos o de estanques anaerobios de pretratamiento (30;79).

Una de las características más importantes en este sistema es la de presentarse una estratificación de oxígeno, con una zona superior aerobia y otra anaerobia cercana al fondo (41).

Su profundidad es menor que la de las anaerobias (1-2m), con variaciones en las concentraciones de oxígeno de acuerdo a la hora del día (exposición solar).

La degradación y estabilización de los desechos se lleva por organismos aerobios, aerobios facultativos y anaerobios estrictos. En la parte superior o aerobia ocurren la mayoría de los mecanismos importantes, como lo son; la fotosíntesis y la simbiosis de organismos (25,75). En la parte inferior o anaerobia, bacterias heterótrofas descomponen los desechos orgánicos en compuestos solubles. El mecanismo biológico en este tipo de estanques puede esquematizarse como sigue:



Los principales grupos bacterianos presentes son (23,39-5,70):

* <u>Achromobacter</u>	65%	Bacterias Sulfurosas
<u>Pseudomonas</u>	25%	<u>Chromatium vinosum</u>
<u>Flavobacterium</u>	5%	<u>Thicapsa floridium</u>

Las algas predominantes son (22,61,65,71):

Chlorophyta (algas verdes).

Volvocales - Chlamydomonas, Pascheriella, Chlorella, Euglenophyta.

Es importante señalar que el oxígeno presente de la zona superior (fotosíntesis de algas), también es utilizado por las bacterias para la descomposición de los desechos.

En este tipo de estanques el porciento de remoción de la D.B.O. va de un 76 a un 96%, y la eliminación de coliformes, y organismos que producen enfermedades entéricas como Salmonella paratyphi, que es causante de paratifoideas, se eliminan de un 95 a un 99%. (13,30).

En la depuración de los desechos no intervienen solamente los microorganismos, sino que también, las condiciones ambientales juegan un papel muy importante. Por ejemplo, la localización geográfica (latitud y altitud) proporciona el tipo de clima, además de influir en forma directa en componentes de éste, como lo es la temperatura (resultante de la incidencia solar), modulador de la velocidad de las reacciones químicas que participan en la depuración, y como agente selectivo para los tipos de poblaciones de microorganismos que se presentarán en el sistema: (42,47). Otros de los componentes son las corrientes de aire, la radiación solar, los que respectivamente, suministran oxígeno de la atmósfera y proporcionan datos importan-

\*Este género fue conocido con este nombre hasta la 7a. Ed., del Manual de Bergey, en la 8a. Ed., 1974 fué cambiado a Chromobacterium.

tes sobre la profundidad y el area requeridos para un buen funcionamiento de los estanques, así como, de la cantidad de luz necesaria, para el crecimiento de las algas (29,53).

Los estanques de estabilización de acuerdo a su modo de construcción y operación se dividen en:

- Lagunas en Serie y
- Lagunas en paralelo, (17,25).

Una última clasificación es con respecto al lugar que ocupan de acuerdo a otros sistemas. (17)

- Primarias o de aguas residuales
- Secundarias; cuando reciben el efluente de otros sistemas de tratamiento.
- De maduración; se utiliza para la reducción del número de patógenos.

Los estanques de estabilización están diseñados para funcionar en poblados donde el número de habitantes no excede a los 50,000 habitantes, con extensiones amplias de terreno y con suficiente luz solar.

Presentan considerables ventajas en relación con otros sistemas, como lo son: El bajo costo tanto de construcción como de mantenimiento, el no necesitar de personal altamente capacitado, su operación es sencilla, no requiere de equipo costoso, se adapta a fluctuaciones de carga, proporciona una mejor o igual depuración de los desechos que en otros procesos convencionales, el sistema es aceptable en lugares donde no se requiere de un efluente de alta calidad como lo son algunos campo de cultivo no de hortalizas (12,17,21). Por estas razones es quizás uno de los sistemas de depuración de aguas residuales más utilizado por un gran número de países.

En general se define a los estanques de estabilización como "Estanques intencionalmente inundados con aguas residua-

les crudas o parcialmente tratadas con flujo continuo, construidas de manera que quede expuesta al aire la mayor extensión posible de su superficie " (14,15,16).

## BIOQUIMICA DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION

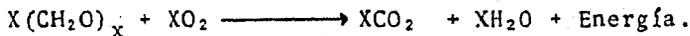
La depuración de la materia orgánica de las aguas residuales tanto de origen doméstico como industrial, se rige por una serie de reacciones bioquímicas que se resumen en 2 mecanismos funcionales. (17,25,39).

Uno de los mecanismos es la sedimentación y precipitación de sólidos sedimentales, sólidos suspendidos y partículas coloidales. El segundo se caracteriza por presentarse una serie de transformaciones biológicas donde la materia orgánica sufre cambios debido a reacciones de oxidación y reducción. (45,70).

Las principales reacciones se resumen como sigue:

### OXIDACION AEROBIA

Los microorganismos en la respiración utilizan para la formación de nuevo protoplasma celular al carbón y otros elementos orgánicos.



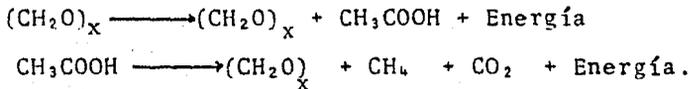
Nitrógeno Orgánico (N <sub>2</sub> )	amonio	nitrito	nitrato
Azufre Orgánico (S <sub>2</sub> )	Sulfato (SO <sub>4</sub> )		
Fósforo Orgánico (P <sub>2</sub> )	Ortofosfatos.		

En esta relación el oxígeno es proporcionado por organismos fotosintéticos y por la atmósfera (por simple intercambio) que es favorecido por el viento. A concentraciones por debajo de 1mg/l la bioquímica es diferente (31).

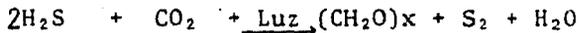
### OXIDACION ANAEROBIA

Se efectúa por acción de células bacterianas heterótro-

fas y anaerobias facultativas, quienes hidrolizan moléculas - complejas formando ácidos orgánicos simples, y estos por fermentación los transforman en metano y gas carbónico, por acción de las bacterias formadoras de metano. Y como característica importante el pH óptimo de este mecanismo es entre - 6.2 y 7.8 (25,56).



Proteínas - aminoácidos - ácidos orgánicos, mercaptanos y aminas.

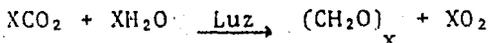


Fosfatos orgánicos ~~————~~ fosfatos reducidos

En esta última reacción, las bacterias púrpuras del azufre utilizan el  $\text{H}_2\text{S}$  como donador de electrones (fotosíntesis bacteriana), para la formación de nuevo protoplasma celular, produciendo olores desagradables.

#### ACCION FOTOSINTETICA DE LA ZONA SUPERIOR

En esta zona, la acción de las algas, transforman el bióxido de carbono en componentes orgánicos y proporcionan oxígeno al sistema, todo esto bajo la acción de la luz.



Estos organismos, así como las relaciones estequiométricas con otros nutrientes (nitrógeno, fósforo), representan, - en general la transformación de los desechos en sistemas biológicos de tratamiento.

## ECOLOGIA DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION FACULTATIVOS

Existen 3 importantes componentes en los estanques de estabilización; y la combinación de estos permite el medio apropiado para la dépuración de los desechos. Estos componentes son: La composición biológica que incluye la relación simbiótica de organismos como algas y bacterias, otros organismos - son los protozoarios, crustáceos e insectos en estado larvario. (17,25,35).

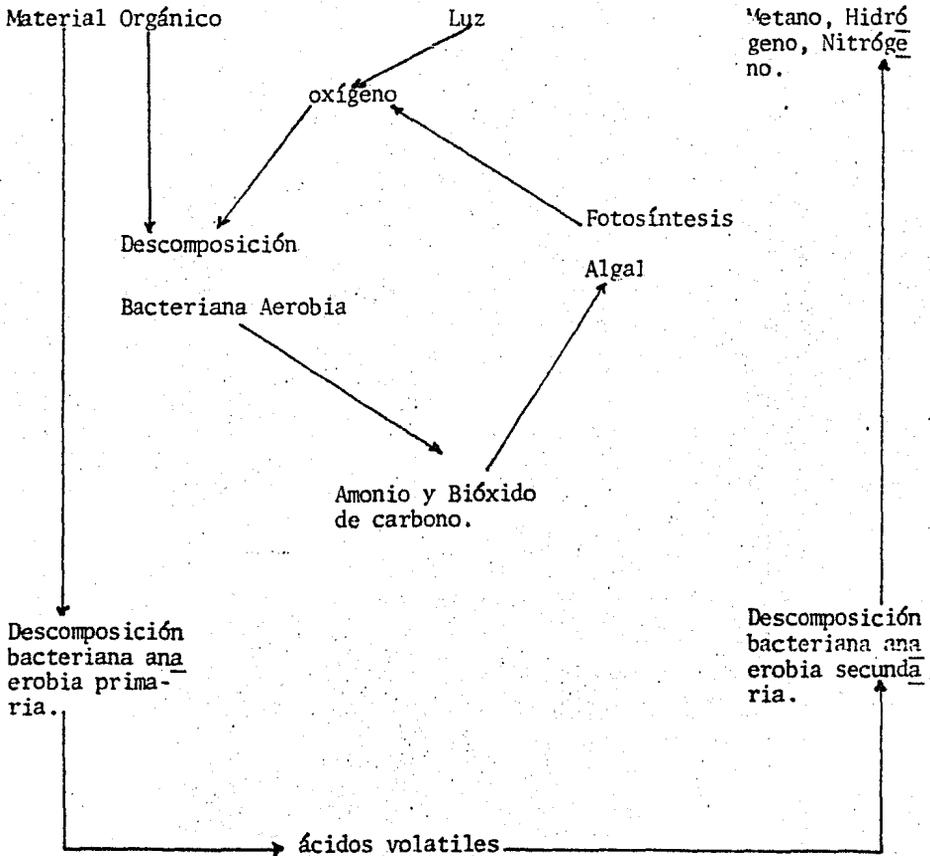
Otro componente no menos importante que los ya mencionados en la depuración de los desechos, es el tipo de ambiente del estanque y este depende de factores como del tipo de estanque del que se trate, del lugar que ocupa dentro de un sistema de estanques y la variación existente de éste dentro del mismo estanque.

Existen variaciones en las condiciones de los estanques en la superficie con respecto al fondo. Además, los nutrientes no se encuentran presentes de una manera homogénea dentro del mismo estanque. Esto es debido a factores externos, a los cuales están expuestos los estanques.

Alteraciones en los principales componentes del afluente como los nutrientes, afectarían a las poblaciones de microorganismos del resto del estanque. Así mismo, si se produjeran cambios en los procesos de operación se modificarían las poblaciones biológicas.

El tipo de poblaciones así como las interacciones con -- los componentes del estanque, no son de fácil estudio, por lo que, aún no se conocen en su totalidad. Sin embargo, se han llegado a conocer algunas interacciones de ciertas especies - con el medio y con otras especies (39).

Gloyna (1970), proporciona un esquema que muestra de una manera sencilla pero completa la ecología de un estanque de estabilización; y como el presente trabajo se realizó en un estanque de este tipo es importante mostrarlo.



## USO DE LOS ESTANQUES DE ESTABILIZACION EN MEXICO

En nuestro país se cuenta con un gran número de comunidades donde existen grandes extensiones de terreno, (que además se cotiza a precios bajos), y donde los recursos económicos y la mano de obra especializada son escasos; por tanto el uso de sistemas depuradores de desechos de las características de los estanques de estabilización resulta apropiado (21).

En 1970 casi 20 millones de mexicanos vivían en este tipo de comunidades que en nuestro país son muy comunes. Este mismo número de individuos contribuía en promedio con 11.8 toneladas de D.B.O. al año, en contaminantes de origen doméstico. Así que se calculó que alrededor de 30 millones de mexicanos, producirían una cantidad mucho mayor de desechos para el año 2000 (S.A.R.H. en su Plan Nacional Hidráulico, 1975).

Los estanques de estabilización en nuestro país se utilizan como sistemas de tratamiento secundario, por las ventajas ya mencionadas. Sin embargo, el empleo de éstos es muy reciente, habiéndose puesto mayor atención a puntos como su construcción, operación y mantenimiento, y en mucho menor escala en aspectos como la biología y la química, estudiándose principalmente microorganismos enteropatógenos y a los protozoarios parásitos.

Estudios sobre estos sistemas y sobre los organismos participantes se hacen necesarios para condiciones y posibilidades de nuestro país. En nuestros días se cuenta con una gran cantidad de información, pero que en su mayoría es extranjera y que al no ajustarse a condiciones climáticas ni de actividades antropogénicas similares a las de nuestro país, resulta un tanto inadecuado su uso. De igual manera el estudio del género Euglena en sistemas de tratamiento en México es casi nulo, por lo que todo trabajo que proporcione datos ayudan a conocer las funciones y el papel que desarrollan estos microorganismos en este tipo de sistemas específicamente para condiciones de nuestro país, proporcionarán además un mayor núme

ro de alternativas para el mejor uso de los estanques de estabilización.

ro de alternativas para el mejor uso de los estanques de estabilización.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS BIOLOGICAS  
Y TAXONOMICAS DEL GENERO EUGLENA

Los euglenoidinos han sido un grupo muy interesante para mucho biólogos, y esto es debido a las características que presentan. Estas características son tanto de animales (movimiento propio, fotosensibilidad) como de vegetales (cloroplastos, fotosíntesis).

Estos organismos poseen un gran número de formas taxonómicas y hábitats, que van desde las aguas dulces, hasta las ácidas y alcalinas (34,49). Se encuentran en sistemas anaerobios y aerobios. Algunas forman florecimientos en la nieve y en el suelo. También se reportan especies parásitas como Euglenamorpha hegneri, que se encuentra en algunos copépodos. Por esto, por presentar formas incoloras y por no existir la sexualidad en el grupo son organismos de sumo interés para taxónomos y evolucionistas (4).

El material alimenticio de reserva lo constituyen cuerpos de paramilo grasa y aceite. La nutrición es holofítica en especies que presentan cromatóforos, las cuales pueden ser saprozoicas dependiendo de la luz y las sustancias orgánicas en el agua (36,40).

Presentan un núcleo grande y un endosoma. La reproducción asexual es por fisión longitudinal; la reproducción sexual ha sido reportada en algunas especies. El enquistamiento es común, y algunos organismos son parásitos. (52)

DESCRIPCION DEL GENERO EUGLENIDA (Bütschli, 1884)

La gran diversidad de formas, números de cromatóforos (cloroplastos) y presencia o ausencia de pirenoides son características distintivas del orden. Presenta como sustancia de reserva un polisacárido Iodofóbico llamado paramilo. Presentan uno o más flagelos pero en la generalidad de los casos se presentan 2 flagelos uno que es funcional (para su locomoción), que se extiende más allá de la apertura anterior de la citofaringe, unido a él se encuentra una protuberancia, la cual en el género Euglena es la verdadera estructura fotosensitiva, cercana a la mancha ocular (estigma); el segundo puede o no estar unido a esta protuberancia flagelar (fotoreceptor), apareciendo como una estructura bifurcada, presentando ambos blefaroplasto. En algunas especies se presenta una estructura llamada rizoplasto. El reservorio o citofaringe se encuentra abierto ventralmente por un cuello, que se localiza del lado opuesto al estigma. El estigma, formado por gránulos hematocrómicos de origen carotenoide (pigmentos exclusivos de estructuras fotosensibles de los animales). Se localiza en la unión del cuello y la citofaringe. Presenta un núcleo de tamaño relativamente grande, con endosoma o nucléolo cerca del centro del cuerpo. Presenta un gran número mitocondrias esparcidas en el citoplasma. En algunas especies la presencia o ausencia de cuerpos hematocrómicos libres es usual. (26,27,34,36,40,69).

Su cuerpo suele ser esférico, elongado, espiralmente torcido, además de presentar movimientos metabólicos. Presentan un periplasto estriado y debajo de éste se encuentran los cuerpos mucíferos. Son organismos autótrofos, heterótrofos, y algunos holozoicos. Presentan formas incoloras en varias especies (4,8,54).

La reproducción asexual es por fisión binaria longitudinal de un trofozoito o de un quiste dando origen a nuevas células, (40)

No existen evidencias aún de la sexualidad en el grupo, sin embargo, Leedale (1958,59,62) describió la mitosis, amitosis y meiosis en Eugleninae. (3,4). Si es que la meiosis ocurrió no se tiene ninguna evidencia veráz reportada respecto a la sexualidad en el grupo. Sin embargo, existen estudios como los de Leedale (1958) y Pringsheim (1956), sobre la poliploidia en el grupo proporcionando como resultado el siguiente listado de números cromosómicos.

<u>E. spirogyra</u>	-----	86 cromosomas
<u>E. viridis</u>	-----	45 cromosomas
<u>E. gracilis</u>	-----	45 cromosomas
<u>E. pisciformis</u>	-----	12 - 15 cromosomas
<u>E. geniculata</u>	-----	25 - 30 cromosomas
<u>E. splendens</u>	-----	35 - 40 cromosomas
<u>E. proxima</u>	-----	más de 50 cromosomas

## CLASIFICACION DE LOS EUGLENALES

A lo largo de los tiempos, siempre ha sido de gran dificultad ubicar a los euglenales en un taxón determinado por las características que presentan estos organismos, Chade-  
faud (1962) los ubica en las algas café. Scagel (1968) no lo considera así. Asimismo Klebs (1883) y Smith (1950) los ubi-  
can con las algas por su color verde y por estudios acerca de la similitud de pigmentos respectivamente.

La afirmación de Chdefaud (1962) de ubicar a los eugle-  
nales, dentro de las pyrrophyta (algas café), se vino abajo al observarse que en Euglena se encontraba presente la cloro-  
fila a y b, no así la clorofila c. (5)

Los estudios sobre síntesis y análisis espectral de pig-  
mentos en euglenales y otros grupos de algas, unidos a los -  
trabajos de Goodwin y Jamikorn (1954), Krinsky y Goldsmith -  
(1960) y Green (1963) contribuyeron a la ubicación de los eu-  
glenales en una clase aparte la Euglenophyceae. (4)

La incertidumbre, de la clase aún seguía vigente, como la posibilidad de que Euglena derivara de formas móviles de zoosporas o gametas (característica animal) manteniéndose vegetativamente o si la reproducción asexual pudiese ser de diferente origen o si se considerase como alternativa. Stebbins revisó problemas del origen de la sexualidad contra la asexualidad y viceversa en formas inferiores, dando como resultado que los problemas en euglenales depende sobre todo de la determinación de afinidades.

Datos acerca de la pigmentación y el metabolismo pueden ayudar a explicar la filogenia de estos organismos, pero las interrogantes de su evolución y otras características, ocul-

tan respuestas sobre el origen de la asexualidad en el orden (4).

El orden Euglenida ha sido dividido en varias familias: Hollande (1952) lo dividió en: Euglenidae, Peranemidae, Anisonemidae y Petalomonidae. Incluyéndose en la primera familia las formas incoloras (Astasia), y dividiendola en 3 subfamilias Eutreptiinae (dos flagelos funcionales), Eugleninae (un solo flagelo funcional) y Euglenomorphynae (tres o más flagelos). Kudo (1972) enlista tres familias; Euglenidae, Astasiidae y Anisonemidae (36).

En 1964 el comité sobre taxonomía y problemas taxonómicos de la sociedad de protozoólogos proporcionó la clasificación que había sido usada hasta 1980 (34), año en el cual la sociedad corrigió dicha clasificación (37). Esta clasificación fue usada en el presente trabajo:

PHILUM: SARCOMASTIGOPHORA. Honigberg & Balamuth, 1963

SUBPHILUM: MASTIGOPHORA. Diesin 1866

CLASE: PHYTOMASTIGOPHOREA. Calkins, 1909

ORDEN 1: CRYPTOMONADIDA. Senn, 1900

ORDEN 2: DINOFLAGELLIDA. Bütschli, 1885

ORDEN 3: EUGLENIDA. Bütschli, 1884

SUBORDEN 1: EUTREPTIINA. Leedale, 1967

SUBORDEN 2: EUGLENINA. Bütschli, 1884

SUBORDEN 3: RHABDOMONADINA. Leedale, 1967

SUBORDEN 4: SPHENOMONADINA. Leedale, 1967

SUBORDEN 5: HETEROMENATINA. Leedale, 1967

SUBORDEN 6: EUGLENAMORPHINA. Leedale, 1967

ORDEN 4: CHRYSOMONADIDA. Engler, 1898

ORDEN 5: HETEROCHLORIDA. Pascher, 1912

ORDEN 6: CHLOROMONADIDA. Klebs 1892

ORDEN 7: PRYMNESIIDA. Hibberol, 1976

ORDEN 8: VOLVOCIDA. Francé, 1894

ORDEN 9: PRASINOMONADIDA. Christensen, 1962

ORDEN 10: SILICOFAGELLIDA. Borget, 1891

Hollande en 1952 constituyo la familia Euglenidae como una unidad natural, pero se encuentra con problemas de identificación o de caracterización teniendose aún la siguiente pregunta sin respuesta ¿Se consideran los géneros de esta familia animales o vegetales?.

Existen otras formas por las cuales se ha intentado -- también clasificar a los euglenales, como Lemmerman (1913), quien utilizó sus cromatóforos (4).

GRUPO	I	forma de cinta	( <u>E. elongata</u> , <u>E. terri</u> <u>cola</u> )
GRUPO	II	forma de estrella	( <u>E. viridis</u> , <u>E. sangui</u> <u>nea</u> )
GRUPO	III	discoidal	( <u>E. acus</u> , <u>E. deses</u> ).

Chu (1947) menciona 4 diferentes tipos de cromatóforos y Gojdies (1953) propone 8 grupos menores.

Existe una forma analítica de clasificar a la Euglena - como lo propone Pringsheim (1956), pero que asume información sobre formas que no han sido estudiadas y que aún para su -- tiempo es de tomarse en cuenta (4).

Rigidiae: Cuerpo rígido, en todas las especies se presenta una transparencia en la punta posterior (como en Phacus), cloroplastos pequeños y discoidales, sin pirenoides. El paramilo se encuentra en forma alargada. Sólo se han observado trofozoítos.

E. acus (Ehrenberg, 1830); E. tripteris (Dujardu Klebs, 1883);

E. spirogyra (Ehrenberg, 1838); E. oxyuris (Schmarda, 1846).

Lentiferae: Cloroplastos similares a Rigidae, pero normalmente alargados y más anchos en el margen. Pirenoides presentes o ausentes. El paramilo se encuentra libre, posee movimientos metabólicos.

E. proxima (Dangeard, 1901); E. variabilis (Klebbs 1883) y E. ehrenbergii (Klebbs, 1883).

Catilliferae: Cuerpo fusiforme, presentan cromatóforos, encontrándose en estos doblado el pirenoide y rodeando sobre cada lado por un disco de paramilo, por el cual el grupo recibe su nombre, existe también en el citoplasma paramilo libre.

E. gracilis E. velata E. pisciformis

Radiatae: Cromatóforos en forma de listón o bandas radiales de 1-3 centros. Estos se asocian con pirenoides y cuerpos de paramilo. Poseen metabolismo moderado y cuerpos mucíferos.

E. pseudoviridis (Chadofand, 1837); E. geniaelata (Dujardin, 1841); E. tristella (Chu, 1947).

Este grupo es intermedio entre Catilliferae y Serpentes.

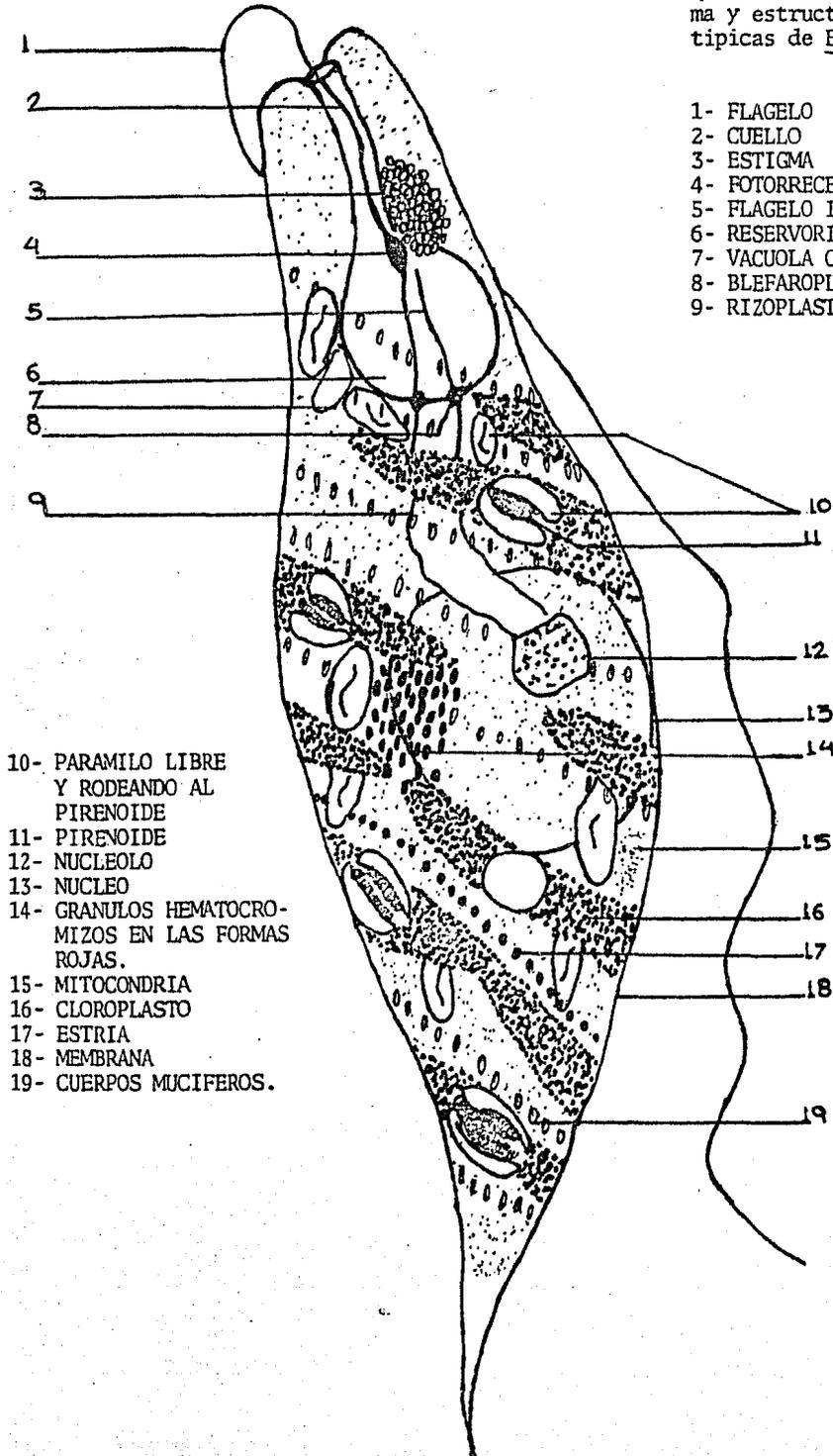
Serpentes: Cuerpo largo. Su locomoción se realiza por movimientos de "serpenteo" que efectúa gracias a que su cuerpo es muy metábolico. Un flagelo corto el cual muchas veces se pierde. Cromatóforos discoidales o laminares largos como los de Rigidae y Lentiferae, pero pequeños como Catilliferae. Un Pirenoide centralmente localizado que se observa con tinte de Haidenhains (4,40). No poseen paramilo.

E. deses (Dhrenberg, 1883); E. mutabilis (Schmith, 1884); y E. intermedia (Klebbs y Schmith, 1884).

Limpidae: Todas las formas incoloras (Astasia) son in-

cluidas en este subgénero, presentando similitudes afines con los otros 5 subgéneros. Las formas incoloras son identificadas como Astasia y Khawkinea ó Euglena sp. hyalina. En general, a los organismos con afinidad desconocida pueden ser ubicados en estos géneros bajo el título de Incertae sedis hasta que las relaciones ancestrales sean determinadas.

Fig. 1 Ilustración que muestra la forma y estructuras típicas de Euglena.



- 1- FLAGELO
- 2- CUELLO
- 3- ESTIGMA
- 4- FOTORRECEPTOR
- 5- FLAGELO INTERIOR
- 6- RESERVORIO
- 7- VACUOLA CONTRACTIL
- 8- BLEFAROPLASTO
- 9- RIZOPLASTO

- 10- PARAMILO LIBRE Y RODEANDO AL PIRENOIDE
- 11- PIRENOIDE
- 12- NUCLEOLO
- 13- NUCLEO
- 14- GRANULOS HEMATOCROMIZOS EN LAS FORMAS ROJAS.
- 15- MITOCONDRIA
- 16- CLOROPLASTO
- 17- ESTRIA
- 18- MEMBRANA
- 19- CUERPOS MUCIFEROS.

## CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS GENERALES

Las observaciones de la morfología de los Euglenales siempre había sido un tanto subjetiva, hasta los primeros trabajos de Ehrenberg en 1830. Estas observaciones, aunque con muchos problemas de interpretación, fueron importantes para contrarrestar el gran número de publicaciones carentes de veracidad de la época (4).

No fue sino hasta la aparición de la microscopía electrónica cuando se dejó de confundir como la de pensar que las mitocondrias, llamadas inicialmente "condriosomas", fuesen descritas como partículas citoplasmáticas (vacuolas). (5)

Con la ayuda de la microscopía electrónica, así como con la aplicación de microfotografía y técnicas de tinción, el estudio sobre la morfología, función y otras características del género Euglena se han visto beneficiadas, permitiendo el esclarecimiento de algunas de las incógnitas sobre su estructura.

## T A M A Ñ O

El tamaño de Euglena varia desde  $12 \times 15 \mu$  (E. minuta) hasta  $530 \times 40 \mu$  (E. oxyuris) (4,27,28). El tamaño no es necesariamente constante, debido a que éste se ve alterado bajo diferentes condiciones, como la aplicación de antibióticos - (4). Así como de variaciones en la intensidad de la luz, y por la asimilación de ciertos nutrientes (29).

Otra de las causas que afecta el tamaño de los euglenales es la reproducción, ya que, durante la formación de nuevas células, el tamaño se ve disminuido cuando la distribución de los orgánulos es desigual, viéndose el tamaño de una de ellas disminuido y mientras que la otra célula resultante presenta más de los cloroplastos y paramilo normales, provocándose así un aumento en el tamaño de ésta (4).

Gojdics en 1953 con base en promedios en los tamaños de las especies proporcionó el siguiente listado.

- Organismos con tamaños menores de $25 \mu$	8%
- Organismos con tamaños de $25 - 49 \mu$	25%
- Organismos con tamaños de $50 - 74 \mu$	25%
- Organismos con tamaños de $75 - 94 \mu$	19%
- Organismos con tamaños de $100 - 124 \mu$	2%
- Organismos con tamaños de $125 - 149 \mu$	2%
- Organismos con tamaños de $150 - 174 \mu$	2%
- Organismos con tamaños de más de $175 \mu$	5%

## FORMAS Y COLORES

En las especies de Euglena la forma varía de casi esférica (E. inflata) a cilíndrica (E. acus y E. deses) (4,36,40).

La forma en general se ve influida por variaciones del pH (ácidos), por cambios de humedad, cambio en las concentraciones de hierro y manganeso (Leedale et al, 1965 de Beutow I) y de otros no comprobados totalmente.

En cuanto al color, la mayoría de las especies son verdes, y esto es debido a la presencia de clorofila. Existen formas incoloras (8,27,34) como resultado de un blanqueamiento producido por estreptomycin y altas temperaturas (4). Existen una docena de especies, coloreadas con pequeños gránulos rojos (0.5 $\mu$  de diámetro) coloniales llamados hematocromos. Estos pigmentos se encuentran en pequeñas cantidades, en especies, que no aparecen rojas como gracilis, pisciformis, ana baena, klebsii y stillata. (4).

Reichenous en 1920 y Mainx en 1927 observaron que éstos pigmentos desaparecen en medios ricos en nitrógeno. Sin embargo, las especies rojas son muy comunes en charcas ricas en materia orgánica y por encima de temperaturas de 30°C (4). Por otro lado, la ausencia de hematocromos en E. hematodes es comprobada y E. rubra cambia de verde a roja al amanecer y viceversa al atardecer (4,35).

Las observaciones sobre los diferentes pigmentos en los euglenales, proporcionan puntos importantes de su función, como el hecho de participar como células protectoras del calor y la luz excesiva.

## CLOROPLASTOS Y PIRENOIDES

Los cloroplastos en Euglena presentan una gran variedad de formas y tamaños. Estas estructuras son pequeñas bandas densas que varían en número según la especie (E. gracilis 10-45µm), y en grosor (27-210µm), formando pilas de 2 a 5 (generalmente tres) pequeños discos. Las lamelas miden de 50-60A° en la parte más angosta y de 95 a 120A° en la más ancha, (4).

Las formas de los cloroplastos dependen de la especie pero se pueden encontrar de tres tipos; discoidales (E. deses) en forma de estrella (E. viridis) o en forma de cintas o listones (E. Terricola).

Los pirenoides pueden presentarse desnudos (E. deses), cubiertos por paramilo (E. gracilis) ó pueden también carecer de ellos (E. acus). El tamaño de los pirenoides depende principalmente del estado de desarrollo de los cloroplastos y de las condiciones externas, (24,40).

Los cloroplastos están cubiertos por una membrana densa de 150 a 200A° que les sirve de protección y además presenta estructuras asociadas como pequeñas gotas de lípidos y algunas vacuolas vacías (4).

En general, los cloroplastos son los encargados en las formas autótrofas de la elaboración de clorofila por asimilación de bióxido de carbono y luz, aunque también muchos organismos forman clorofila y cloroplastos en la oscuridad como por ejemplo, las angiospermas. En general Euglena requiere de la luz para la formación de estructuras plástidas y clorofila, pero ciertas gimnospermas, varias algas Chlorella y Chlamydomona no lo hacen (4).

La formación de la clorofila en euglenales, se realiza en absorciones que van de 650 nm (formación de clorofila b) A 670 y 680 mn (formación de clorofila a), aunque tambien la absorción sucede A 695nm (otro tipo de clorofila a), en condiciones de - baja intensidad de luz, (4,24).

Se ha observado que los cloroplastos contienen una especie única de DNA y RNA que participan en la síntesis proteica. (4).

El contenido por cloroplasto de DNA es de  $1 \times 10^{-8}$   $\mu$ g, que en Chlamydomonas y plantas superiores se presenta en una proporción parecida, (4).

Los cloroplastos se comunican con el núcleo por medio del retículo endoplásmico, (4).

## N U C L E O

Desde 1894 con Blochman, se descubrió la división celular en euglenales (E. gracilis, E. deses, E. spirogyra y E. velata). Kenten y Tochenzoff (1916) registraron una "hendidura" longitudinal o cromosoma.

Existen varios trabajos y estudios sobre la división celular en Euglena, (Kenten en 1895 Hollande en 1942) y por observaciones en otras siete especies de Euglena y otros diecisiete euglenales por Leedale en 1958 mostrando los siguientes puntos, (4):

- La división nuclear en Euglena es por mitosis. La replicación longitudinal de cromosomas es concluyente. Cromátidas hermanas son segregadas de nucleótidas hijas diferentes, (2º criterio mitótico).

- Durante la mitosis un cuerpo nucleolar (endosoma) permanece y se divide, empleando un mínimo de RNA. Los cromosomas se arreglan paralelamente en el eje de la división durante la metafase, acompañado de diferentes tipos de movimiento y orientación para diferentes especies, así mismo, la replicación de cromosomas ocurre en diferentes estadios del proceso.

- Durante el mecanismo mitótico no se hace aparente la envoltura de los centrómeros, lo que nos indica que el eje convencional de la típica mitosis no existe. Se da evidencia de una anafase de gran duración y de la velocidad de los cromátidas al desplazarse.

- La mitosis es intracelular, la envoltura nuclear permanece durante todo el proceso.

Sin embargo, los estudios de la ultraestructura del núcleo en Euglena están aún en proceso, necesitándose de más - estudios especialmente en los mecanismos y rutas que llegan al aparato mitótico de los euglenales.

## E S T I G M A

El estigma es característico de las formas verdes de Euglena, se localiza en la superficie del reservorio, próximo a la salida del mismo hasta el canal donde se encuentra el cuerpo para flagelar o fotorreceptor. Algunas formas incoloras también lo presentan, y en otras no se presenta como en Astasia longa (3). La presencia de estigma dio la idea de un "verdadero" ojo, y fue descubierto en Astasia.

El estigma de Euglena está constituido de fibrillas rojo amarilladas, aplanadas, generalmente en forma de escudo y más o menos curvo. En condiciones desfavorables, aparecen esparcidos en el citoplasma. Gojdies en 1934 observó que durante la división celular, el estigma se fragmenta en E. deses y también en E. acus y en E. mutabilis sucede algo parecido. Se podría decir que el estigma no es uno más de los orgánulos celulares, sino que, funciona como un organoide especializado. Este, durante la división celular, se replica, además es independiente de los cloroplastos, es por eso, que difiere de formas similares en estructura encontradas en otros flagelados y algas (4). En E. gracilis la pérdida irreversible del estigma es debida a cambios de temperatura (34-35°C) o por adición de estreptomycin (55), en un diámetro promedio de 150-60  $\mu\text{m}$ .

Los principales pigmentos constituyentes del estigma son: Luteína (o authiraxautina) y neoxantina en un 83%, cuatro  $\beta^*$  Carotenoides y un compuesto no identificado componen el resto. Astaxantina (carotenoide animal) fue reportado en E. sanguinea y E. heliorubescens y en Trachelomonas volvocina (4):

\* Euglenanona, echinemonona, hidroxiechinona y criptoxantina.

## CUERPO PARA FLAGELAR O FOTORRECEPTOR

El cuerpo para flagelar o protuberancia flagelar, es un óvalo o cuerpo plano convexo encontrado sobre el flagelo fuera del reservorio, al nivel del estigma (27). En E. gracilis mide de  $1.5 \times 0.95 \mu$  (Gibbs, 1960 de Beutow I) y se replica junto con el estigma en la metafase. Esto es debido a una conexión (puente protoplásmatico) descrita por Chadeffaud y Provasoli en 1939. Bajo la acción de calor o estreptomycinina el cuerpo para flagelar, desaparece al mismo tiempo que el estigma y los cloroplastos (4,55).

Este orgánulo celular, es llamado fotorreceptor por captar los cambios en la intensidad de la luz (fototactismo) y no es, como la mayoría cree, el estigma el responsable de esta característica en el género.

Engelmann en 1882 reportó que cuando una sombra pasaba sobre el cuerpo de la Euglena gracilis, no hubo ninguna respuesta, hasta que el estigma fue alcanzado. Mast en 1917 observó que a la absorción del espectro de astaxantina sucedía algo similar. Esto hizo creer que el pigmento era el agente receptor, pero se observó que este pigmento aun al estar en el estigma de E. sanguinea no se encontraba en E. gracilis. De esto resulto una asociación del estigma con el cuerpo para flagelar, dándosele a este último el papel de fotorreceptor (4).

Una prueba culminante de todo esto nos la da el experimento de Tchakhotine en 1936, cuando aplicó radiaciones ultravioleta al estigma de E. gracilis, las cuales lo destruyeron. Células parecidas flotarón de la parte iluminada a la oscura, estas mismas pero con el estigma intacto nunca lo hicieron. Esto da como resultado, que la función del estigma es la de absorber la luz y que puede escudar o cubrir al -

cuerpo para flagelar que es el verdadero fotorreceptor (4).

La estructura no se conoce con exactitud, por eso, aún no es posible compararla estructuralmente con otros fotorreceptores.

## SISTEMA DE LOCOMOCION

La estructura y función del sistema de locomoción en los euglenales es bien conocido. El flagelo, que es en si su sistema locomotor, está constituido por fibrillas (axonema), rodeado por una cubierta membranosa, estas fibrillas son de origen proteico (tubulina) (4,40). Todo flagelo o cilio está -- constituido de igual forma y estructura, por lo que se dice -- que "El cilio es un flagelo pero en pequeño".

En 1904 fueron los primeros estudios de la morfología -- del flagelo en E. viridis (4). Se reveló que éste estaba com -- puesto de un centro fibrilar, rodeado por una cubierta membra -- nosa, de la cual se extiende una hilera de filamentos delga -- dos (mastigonema). Fig. 2. Este orgánulo varía en tamaño, en algunos casos se presenta corto (E. deses) (27), en otros largos (E. viridis) (4) o ambos en un solo organismo (Eutreptia) (34,36).

El flagelo muestra dos raíces, encontrándose inmersos en la base anterior del reservorio. Estas dos raíces, son en -- realidad dos flagelos por separado, con su cuerpo par basal (Blefaroplasto) propio. (4,27). Uno de ellos es corto que se extiende cerca de la protuberancia flagelar o fotorreceptor, que está adherido al flagelo locomotor en muchas especies -- (fig. 2).

En general se dice que el movimiento de Euglena, se rige por mecanismos parecidos al sistema Actinomicina AtPasa (4), que implica interacciones entre las fibrillas flagelares, pro -- duciendo ondulaciones del flagelo y dando como resultado, la fuerza locomotora y el movimiento característico de Euglena -- (fig. 3). Sin embargo, se necesitan mucho mejores equipos al igual que mejores estudios para lograr definir y conocer en -- forma definitiva, la causa o causas de la forma del movimien -- to de los euglenales ya que en este renglon no existe diversi -- dad en el grupo.

## RESERVORIO (Citotosma)

Los euglenales flagelados poseen una invaginación anterior de donde emergen los flagelos. Esta invaginación esta dividida en dos partes: El cuello o citofaringe, que varía en tamaño, forma y grosor de acuerdo a la especie (4,27).

Reservorio interno o citotosma que contiene una vacuola - contráctil provista de un fluido citoplasmático, y por una o - más vacuolas secundarias (4). La disposición de este sistema - "ingestoexcretor" es característico de las especies de Euglena. El citotosma está permanentemente comunicado al exterior por la citofaringe, estas dos estructuras en conjunto son las encargadas de la ingestión de partículas alimenticias (4).

Tanto la citofaringe como el citotosma poseen una serie de microtúbulos cuya función aún no se conoce, aunque se cree que son los precursores de la contracción para el cierre de la citofaringe, una función en el metabolismo (movimiento), y la más importante la de participar en forma activa en la formación del "citoesqueleto" de la célula, (4).

## P A R A M I L O

El paramilo es un carbohidrato característico único en Eu  
glena y en general en los euglenales (27,36).

El paramilo es un polisacárido iodofóbico incoloro, que al hidrolizarse produce D-Glucosa. Su estructura es 1,3- $\beta$  glucan (5). El estudio en catorce euglenales indica una fuerte unidad química. Este puede estar distribuido libre en el citoplasma (E. gracilis) (27), en forma de capas sobre los pirenoides (E. gracilis) (4,24), y pueden encontrarse de las dos formas (E. viridis) (27,36).

El paramilo se puede encontrar en forma de varillas, discos o anillos (27). Este es de suma importancia taxonómica, al proporcionar un criterio más en la identificación, pero solamente en lo que se refiere a presencia o ausencia, por lo que respecta en la cantidad no lo es tanto (4).

En E. gracilis estos gránulos, se ven incrementados en número cuando se presenta un exceso de carbono y se ven reducidos por una disminución del mismo (4), la forma, medidas, estructuras y otras características varían en cada especie.

## CELULAS DE PROTECCION (QUISTES)

Los primeros estudios sobre la formación de cuerpos mucosos subpelliculares (quistes) se remontan a fines, del siglo - XVII, por observaciones de Klebs (E. granulata) y Bütschli - en 37 especies de Euglena , (4).

En E. gracilis se han presentado estos cuerpos de protección y especialmente en medios con etanol y pH de 5-7, a pH - menores, la formación de quistes no se realiza (4).

La pared quística está formada por un carbohidrato no identificado [Jahn(1951) de (4)]. Son normalmente esféricos, cilíndricos (E. orientalis, E. tuba) ( 27 ), o pentagonales - (Distigma) (4).

En euglena se pueden denotar varios tipos de células de protección (4):

- Quistes de protección; Generalmente fuertes, pared de una sola capa, está dispuesta para protección de cambios de - humedad y temperatura, como en E. deses (0-4°C).

- Quiste Reproductivo; Normalmente delgado, elástico, - con membrana permeable, que crece en diámetro a medida que se divide la célula. En E. gracilis y E. viridis, el quiste tiene de 32 a 64 células. Estos son no flagelados.

- Quiste Transitorio; Pared impermeable, las células - permanecen en la cavidad flagelar. La formación de este tipo de estructura se presenta cuando se exponen a temperaturas de 10-12°C y a fuertes insolaciones, es decir sirve como medio - para evitar las desecaciones excesivas como sucede en E. terricola, granulata y sanguinea.

- Quiste de Pared Delgada: Última categoría descrita - por Jahn en 1928, que consta de una sola capa de células.

En general algunas especies de Euglena pueden formar más de un tipo de quiste durante su ciclo de vida. En E. gracilis se presentan tanto quistes de reproducción como de resitencia, (4).

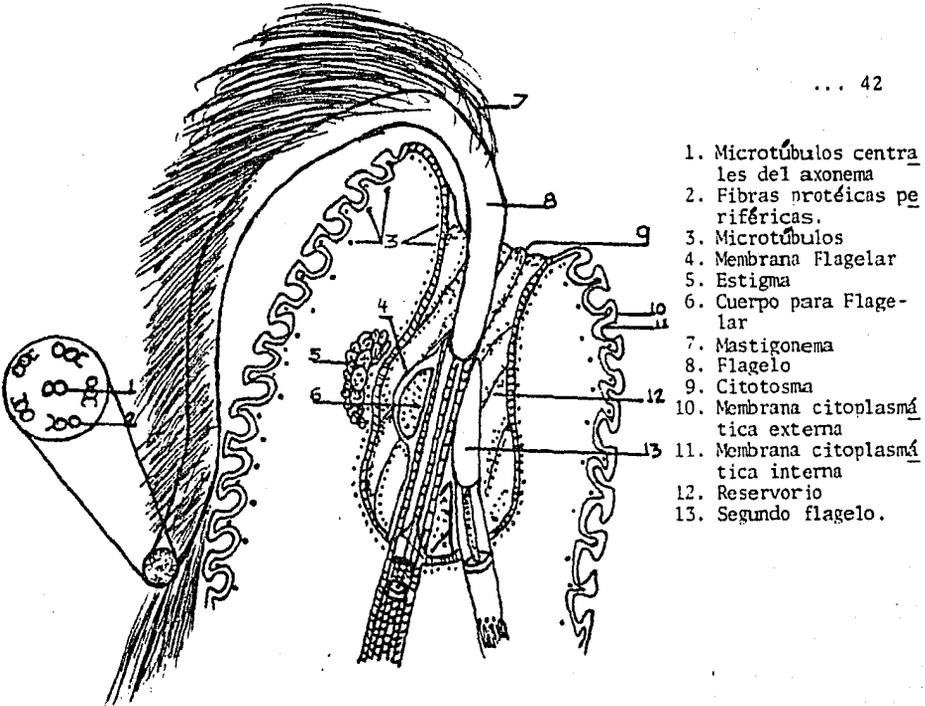


Fig. 2 : Corte Longitudinal del sistema Locomotor en Euglena.

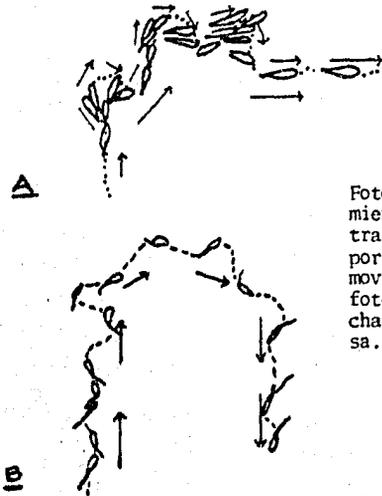


Fig. 3

Fototactismo positivo y movimiento en Euglena. (A) muestra la forma del movimiento - por acción del flagelo. (B) - movimiento característico del fototactismo positivo las flechas indican la fuente luminosa.

ALGUNOS ASPECTOS ECOLOGICOS EN Euglena

Toda característica estructural y fisiológica en plantas y animales, se da como respuesta, entre otras cosas, por la acción del medio ambiente. Gojdies en 1953 y Huber - Pestalozzi en 1955, en estudios y observaciones en organismos vivos reconocen, en el primero 154 o más especies de Euglena, mientras que en el segundo se enlistan 101 (4); esto suena interesante, porque al parecer todas éstas especies pertenecen a un solo ambiente. Todos estos datos son resultado de correlaciones hechas entre diferentes ambientes, agua salada vs. agua dulce, altamente contaminada vs. moderadamente contaminada - (9,10,20).

La "facilidad" de estudios e investigaciones en la actualidad, nos permite conocer más a fondo todo lo relacionado con los hábitats de Euglena así por ejemplo, en E. pisciformis, E. gracilis y E. mutabilis ocupan una gran cantidad de ambientes. Estas especies se han encontrado en aguas alcalinas, aguas ácidas, en estanques de agua blanda y en filtrados de hierro (9,19).

El poder conocer más sobre la ecología de cualquier especie nos permite, caracterizar la forma, y en general, el papel que ocupa dentro de un sistema biológico. De igual forma la falta de observaciones intensivas sobre el orden dificulta el aclarar las confusiones existentes en él. Así tenemos que la falta de veracidad en la validez de ciertas especies, lo poco frecuente de reportes de presencia de muchas especies y la falta de observaciones ecológicas detalladas, impide esclarecer muchas e importantes dudas sobre el complicado y poco conocido mecanismo ecológico llevado por los Euglenales, en sistemas depuradores en nuestro país.

## PRINCIPALES HABITATS

Se conoce en las especies de Euglenales una gran variedad de hábitats, pudiéndoseles encontrar dentro de aguas de características y tipos muy diversos (4).

Los euglenales se han encontrado, formando partes del plancton, neuston (E. gracilis) (74), en la interfase sedimento-agua, y aún más también en los bancos de lodo, en los pedúnculos de plantas acuáticas (61) en la nieve (4). Se encuentran en gran número cuando la luz es directa, cuando son expuestas a radiaciones del ultravioleta, pero cuando la intensidad lumínica decrece en el fondo, de igual forma decrecen los organismos.

Gojdics en 1953 reconoce nueve especies de Euglena en agua salada y son: E. acusiformis, E. baltica, E. gojdisae, E. interrupta, E. limosa, E. reticulata, E. salina, E. vaugoori (E. vesmiformis), E. obtusa y E. variabilis (4). Pringshein sólo reconoce a E. obtusa y E. variabilis como especies marinas, ninguna de las otras fueron reportadas, y si E. variabilis no fuese sinónimo de E. gojdisae y vermiformis de vangouri aún se reducen más. Sin embargo, podemos encontrar -- tres especies de Euglena en hábitats marinos que con regularidad se encuentran en número considerable y son: E. mutabilis (E. vermiformis), E. fenestra (E. obtusa) y que pueden tolerar altas concentraciones de sal, pero por cierto tiempo, como E. viridis, E. pisciformis y E. deses (4,74)

En euglenales considerados como dulceacuicolas, se podría hablar de un cosmopolitismo, por ejemplo:

E. oxyuris, reportada en Inglaterra, Oeste de Europa, -- Australia, es una especie endémica en charcas de Hawaii. De igual forma son reportadas E. clara, E. viridis, E. mutabilis,

E. pisciformis siendo reportadas estas mismas especies en otras partes del mundo.

Las especies dulceacuícolas de Euglena normalmente asociadas con aguas lénticas, charcas, estanques y lagos, pero también, en algunos ríos. En sistemas de estanques de estabilización en la Universidad de Florida se encontraron E. viridis, E. clara, E. pisciformis, y en la superficie se observaron E. tripteris, E. spirogyra, E. deses, E. fusca y otras más.

Por otro lado, la cantidad de luz disponible es muy importante para los euglenales con cromatóforos. Primeramente para poder realizar la fotosíntesis, para especies como E. spirogyra, gracilis el rango de temperatura óptimo es de 5-10°C (4). Presentándose migraciones de los organismos de la superficie al fondo y viceversa, por fluctuaciones en la intensidad de luz a lo largo del día.

Las concentraciones de dióxido de Carbono así como de carbonatos, temperatura y pH, son limitantes para el crecimiento del orden (4) Fritch en 1931, menciona que el pH óptimo es por debajo de cuatro, pero esto no es tan rígido, porque existen euglenales como E. gracilis cuyo crecimiento óptimo, lo realiza en aguas alcalinas. Todos estos parámetros son considerados como "ideales" para la realización de la fotosíntesis, la cual es la forma típica de producir su alimento. Además son capaces de aprovechar el fósforo disponible en el medio (4,29).

Los euglenales fotosintéticos no necesitan oxígeno para cumplir sus funciones, por ejemplo, la E. gracilis persiste varios días sin tener oxígeno en el medio.

Los euglenales son normalmente considerados como organismos anaerobios facultativos. Peranema y Entosiphon, organis-

mos euglenales son mucho más abundantes en el material de la interfase aire-agua que esté negro y con olor sulfurado. La gran mayoría de los euglenales como Euglena son encontradas en aguas que contienen oxígeno disuelto, sin embargo, toleran bajas concentraciones de oxígeno (o-0.5ppm de O.D) (4). La gran adaptabilidad de soportar rangos amplios de oxígeno es también característico en Euglena (17).

## LA EUGLENA COMO ORGANISMO INDICADOR DE CONTAMINACION

Todo organismo para poder crecer y cumplir sus actividades metabólicas necesita de una fuente de energía y nutrición. En Euglena la materia orgánica disuelta proporciona la fuente de nutrición y la luz la fuente de energía.

En estanques donde existen desechos del tipo doméstico, se encuentran un gran número de organismos euglenales (Euglena, Trachilomonas, Phacus), los que contribuyen a la transformación de la materia orgánica. En sistemas de tratamiento con aguas crudas no se reportan estos organismos (4,17,39).

Toda la materia fecal animal contiene una gran cantidad de celulosa o compuestos derivados de la misma, mientras que la humana, contiene una gran cantidad de compuestos nitrogenados. En estanques de oxidación (Sistemas de tratamiento de aguas residuales), la mayoría de los organismos en este sistema, aprovechan ésta fuente de nitrógeno.

Los euglenales en su mayoría utilizan compuestos como sulfatos, hierro, zinc, nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$ ), fosfatos, bióxido de carbono y oxígeno, que se desprenden de muchos otros compuestos (4); aprovechándolos como fuente de energía para poder desarrollar las diferentes vías de su metabolismo\*; y la degradación de los desechos.

Además de proporcionar oxígeno como producto final de la fotosíntesis, los microorganismos del género Euglena, eliminan bacterias al alimentarse de ellas (bacterias), pero solo en las especies grandes, a las que se les considera heterótrofas (Peranema tricophorum en el género Euglena) (27).

\* Para mayor detalle sobre las vías metabólicas de la asimilación de nutrientes en Biology of Euglena vol. I cap. VI pp. 259-279.

Existen un gran número de métodos para determinar la calidad del agua (64,76). Donde los organismos euglenales juegan un papel como organismos indicadores de condiciones saprobias (33,48,68,72). Estos métodos donde se utilizan "organismos tipo, basados principalmente por los sistemas de -saprobios"; y que junto con métodos como los de Liebman (19-62) (64). Fijeringstad (1960) (75,71) y el sistema de Sládecek (1961) (68) proporcionan condiciones específicas en la determinación de los índices saprobios y calidad del agua.

## CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIOS

En 1980 se construyeron dos estanques de estabilización para la depuración de aguas residuales, en las afueras del ejido de Sto. Tomás Atzínco, perteneciente al municipio de -- Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México. Estos estanques de forma rectangular y de dimensiones (cada uno) de 14.60m. de ancho por 41.80m de largo y conectadas en serie por cinco registros de paso (Fig. 4), presentan una profundidad promedio de 1.5m y fueron diseñados para operar de manera: Facultativa; el tiempo de retención del agua es de aproximadamente 11.3 días. El ejido se localiza en las coordenadas geográficas 19°15' de latitud norte, 98°45' y 98°50' longitud oeste, con una altitud de 2475 m.s.n.m.

La superficie total del ejido es de 440 hectáreas, donde la actividad agrícola, que es la principal actividad productiva; se lleva por 123 ejidatarios, 65 de las 446 hectáreas son de agostadero y las 375 restantes son de monte; las aguas salientes del sistema de estanque se utiliza para el riego de campos de cultivo (18).

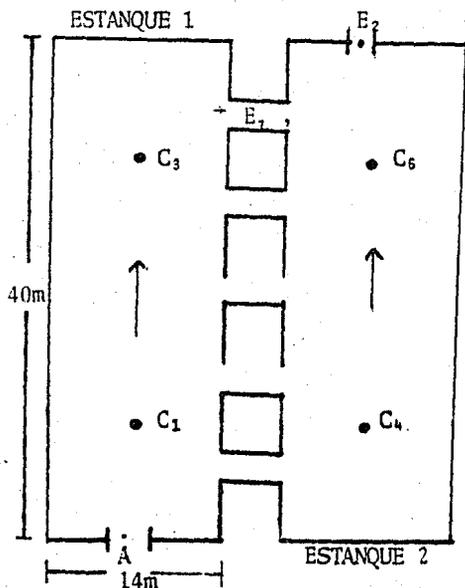
El ejido en 1980 contaba con 1200 habitantes. El ejido cuenta con agua potable en tomas domiciliarias (abastecido por el sistema Morelos), cuentan con sistema de alcantarillado, servicio de energía eléctrica, correo y autotransportes.

El clima predominante de la región es del tipo (w)<sub>2</sub> (w) (b)<sub>g</sub> templado subhúmedo con lluvias en verano con temperaturas tipo Gangés, verano fresco, según clasificación de Köpen modificado por García. La temperatura media anual es de -- 14.1°C. La temperatura máxima fue de 29°C y la temperatura mínima de -3°C. La precipitación total anual es de 960.7 -- mm<sup>3</sup>.

A lo largo del año se registraron 122 días con lluvia y 150 días despejados, 23 días de heladas, la primera en el mes de octubre y la última en el mes de enero. Durante el año predominaron vientos debiles variables y vientos moderados variables, siendo los primeros los de mayor frecuencia. (Datos proporcionados por el departamento de Estudios del Territorio Nacional de la S.P.P.).

La vegetación esta representada por cultivos de maíz, alfalfa y zonas de bosque templado.

Las aguas residuales del poblado que por alcantarillado se vierten en los estanques son totalmente domésticos, ya que en el lugar no existen industrias.



CLAVE:

- A: AFLUENTE
- E<sub>1</sub>: EFLUENTE 1
- E<sub>2</sub>: EFLUENTE 2
- C<sub>1</sub>: CENTRO 1
- C<sub>3</sub>: CENTRO 3
- C<sub>4</sub>: CENTRO 4
- C<sub>6</sub>: CENTRO 6

Fig. 4: Sistema depurador de estanques de Estabilización de Sto. Tomás Atzingo, características generales y puntos de muestreo.

\*Nota: Los centros 4,6 y el efluente 2 se comenzaron a muestrear a partir del 25 de septiembre de 1981. Que hasta entonces la salida del sistema era el efluente 1.

## O B J E T I V O S

- Identificar y cuantificar los microorganismos del orden Euglenida (Bütschli, 1884) en un estanque de estabilización.
- Determinar la participación estacional tanto vertical - como horizontal del orden Euglenida en los procesos de degradación y recirculación de los diferentes compuestos tanto orgánicos como inorgánicos.
- Determinar las interrelaciones existentes de algunos parámetros físico-químicos con la presencia del orden Euglenida.
- Detectar los posibles euglenales indicadores de contaminación.

## M E T O D O L O G I A

Durante el estudio se realizaron 14 muestreos quincenales, del 10 de julio de 1981 al 1º de abril de 1982. Los primeros puntos muestreados aparecen señalados en el estanque 1- como  $C_1$  y  $C_3$  (Fig. 4), y a partir del 25 de septiembre de 1981 se adicionaron como zona de muestreo los puntos marcados en el estanque 2 ( $C_4$  y  $C_5$ ), esto fue debido a que hasta antes de la fecha ya mencionada, este estanque permaneció vacío, y una vez lleno se tomaron en cuenta con objeto de observar todo el sistema. Las estaciones de los dos estanques fueron muestreadas tanto en la superficie como en el fondo, realizándose los muestreos entre las 9.00 am. y las 15 pm.

Durante los muestreos se utilizó una lancha inflable de goma. Las muestras del afluyente, efluente y superficie de los estanques, se tomaron en forma manual; Las muestras del fondo se colectaron con una botella Van Dorn de aproximadamente 2L de capacidad. Asimismo se utilizó un muestreador Winkler y botellas D.B.O. en la toma de muestras para la determinación de oxígeno disuelto.

Las muestras biológicas tomadas en cada estación y nivel se almacenaron en frascos limpios de boca ancha (58), de aproximadamente 500ml. de capacidad, para la observación en vivo de los euglenales, así como para su posterior siembra en los medios de cultivos específicos, así mismo se tomó otra muestra biológica de 100ml. en un frasco de vidrio de 125ml., que se fijaban con acetato de lugol (36,64) hasta que se observaba un color amarillo intenso (5-7ml/100ml aproximadamente); transportándose después al laboratorio para el recuento de organismos. Las primeras muestras se transportaban al laboratorio a temperatura ambiente, y ya en éste, se guardaban en un lugar sombreado también a temperatura ambien-

te (15-20°C).

Otras muestras de 1000ml. se almacenaron en frascos limpios de vidrio, que se destinaron para la determinación de los parámetros físico-químicos tanto de campo como de laboratorio.

Los parámetros físico-químicos analizados en el campo fueron: Temperatura ambiente, temperatura del agua, transparencia del disco de Secchi, pH, oxígeno disuelto, CO<sub>2</sub> libre, alcalinidad total, acidez y dureza total (2).

A la muestra restante se le añadían 4 miligramos de cloruro mercúrico (HgCl<sub>2</sub>), se colocaba en refrigeración y se transportaba al laboratorio para ser procesada inmediatamente.

Las muestras de parámetros físico-químicos ya en el laboratorio eran filtradas con papel whatman del número 5, con el fin de eliminar el exceso de materia orgánica, y se procedía a la determinación de los siguientes parámetros: Ortofosfatos, nitrógeno amoniacal, (N-NH<sub>3</sub>) (APHA), nitritos (N-NO<sub>2</sub>) y nitratos (N-NO<sub>3</sub>) (2,60).

Para poder tener una mejor visión de la presencia de los euglenales, se realizaron estimaciones de frecuencia de cada especie de las muestras en vivo durante los nueve primeros muestreos; utilizando los grados de Pantle y Buck (64), el cual consiste en una escala de 3 componentes o grados: 1; hallazgos casuales, 3; frecuentes y 5; abundantes.

Las muestras se homogeneizaban por agitación y se extraían 3 submuestras; una de la zona superior, otra de la zona media y una última del fondo del frasco, las que después se observaban al microscopio.

Sólo en 5 muestreos fue posible contar a los organismos euglenales, utilizando las muestras fijadas con acetato de -

lugol, y con la ayuda de una cámara de Neubauer o hematocitómetro (61); y un microscopio óptico de ocular 10x y objetivo de 43x; la muestra fijada se homogeneizaba por agitación, extrayéndose después con una pipeta Pasteur 5 submuestras de 0.0004ml cada una y extrapolando el número final a 1ml; el número de organismos por mililitro se obtenía por la media aritmética de las cinco submuestras extrapoladas.

Los medio de cultivo, previamente listos en el laboratorio se sembraban inmediatamente y se dejaban incubando para su posterior observación al microscopio: Los medios utilizados fueron (36,40), Chalkley de arroz y trigo (Ver Anexo I).

En los meses de octubre y noviembre de 1981 y en enero de 1982 se realizaron muestreos intensivos (uno por mes), con el fin de conocer mejor las condiciones y el funcionamiento de los estanques. Dichos muestreos duraron de 3 a 5 días consecutivos, tomándose las muestras cada dos horas durante las 24 horas diarias, y analizándose parámetros como el gasto del afluente y del efluente, temperatura ambiente y temperatura del agua; de igual forma se tomaron pequeñas muestras para del agua del afluente y del efluente en frascos de vidrio de 125ml los que cada 24 horas formaban parte de una muestra compuesta de 1000ml, que se trasladó al laboratorio, utilizando hielo como conservador, para posteriores análisis como la D.B.O.<sub>5</sub> LA D.Q.O., sólidos totales y sólidos suspendidos, el NMP/100ml de bacterias coliformes totales, bacterias coliformes fecales y estreptococos fecales (2,63).

Por problemas ajenos a nuestro control el muestreo del mes de diciembre de 1981 no se obtuvieron datos biológicos, de aquí que no se consideren dentro de los demás muestreos, mientras que los datos físico-químicos son utilizados en el resto de la elaboración del trabajo estadístico.

La tabla siguiente representa las fechas de los muestreos efectuados durante el estudio.

-	1981	-	1982	-
1-	Julio	-10	10-	Enero -21
2-	Julio	-22	11-	Febrero -12
3-	Agosto	- 7	12-	Marzo - 4
4-	Agosto	-21	13-	Marzo -19
5-	Septiembre	-11	14-	Abril - 1
6-	Septiembre	-25		
7-	Octubre	-21		
8-	Noviembre	-11		
9-	Noviembre	-25		

El trabajo estadístico se resumió a lo siguiente:

- Obtención de la media, valor máximo, valor mínimo y desviación estandar por estación, para los datos de nitrógeno (en forma de nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal) y fósforo (en forma de ortofosfatos) (57). Para cada uno de los demás datos se determinó el valor medio y la desviación estandar.

- Se determinaron las diferencias significativas para el afluente y efluente mediante pruebas de "t" con los datos de temperatura del agua, pH, CO<sub>2</sub> libre, alcalinidad, acidez y dureza total, para establecer el grado de depuración del afluente, y poder verificar el buen funcionamiento del sistema.

- Se determinó la calidad del agua según Pánte y Buck (64). El cual está basado en el sistema de saprobios.

## R E S U L T A D O S

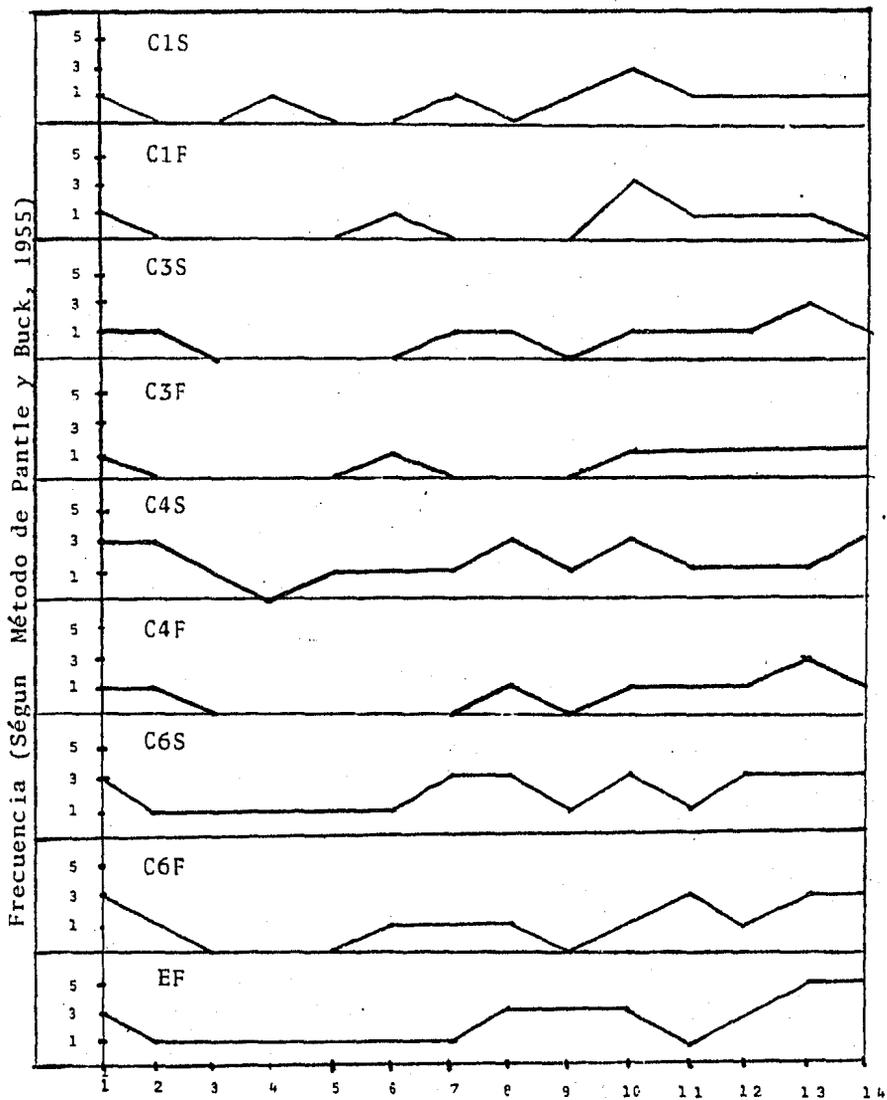
Se observaron 6 tipos diferentes de organismos fitoflagelados (Euglenales) en el sistema, los cuales fueron los siguientes:

- 1.- Euglena viridis.
- 2.- Euglena proxima.
- 3.- Euglena agilis ó pisciformis.
- 4.- Astasia sp.
- 5.- Clamydomonas sp.
- 6.- Phacus sp.

Las siguientes gráficas nos representan la frecuencia de cada especie para cada estación y muestreo según Pantle y Buck, 1955.

GRAFICA 1

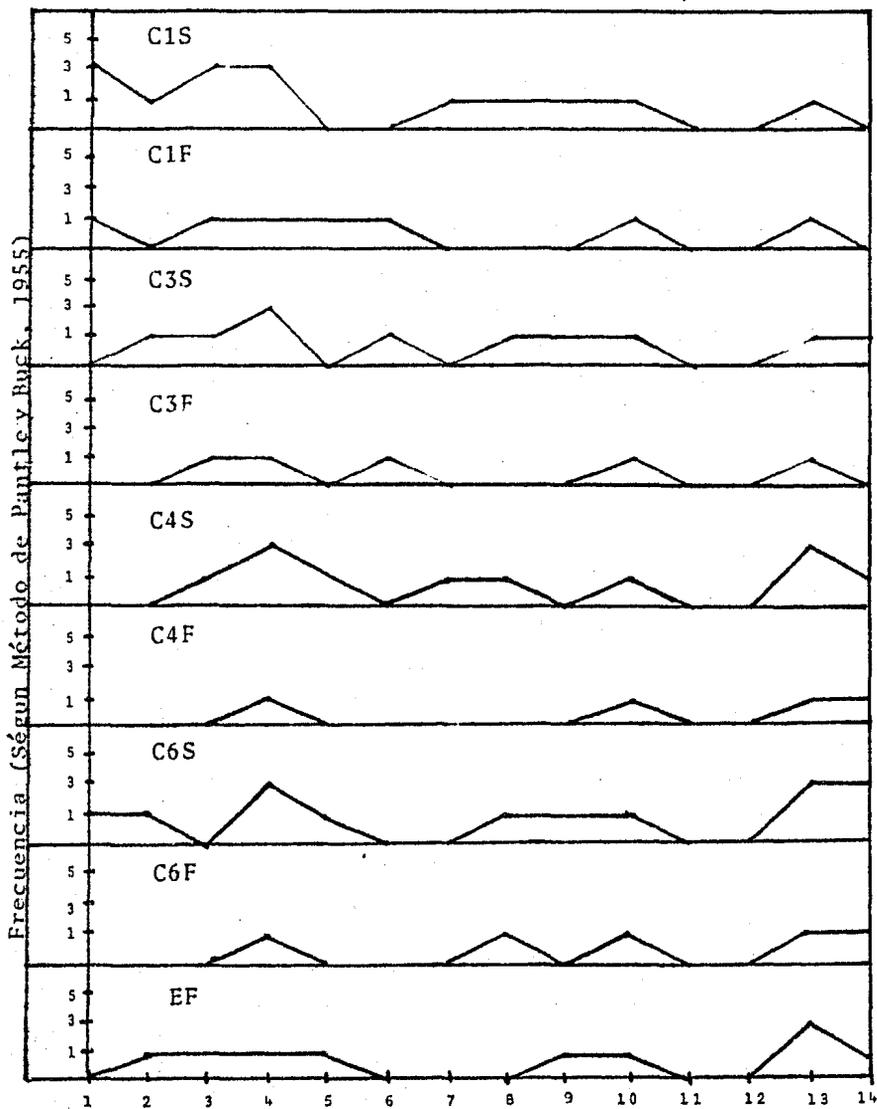
Euglena viridis



MUESTREOS

GRAFICA 2

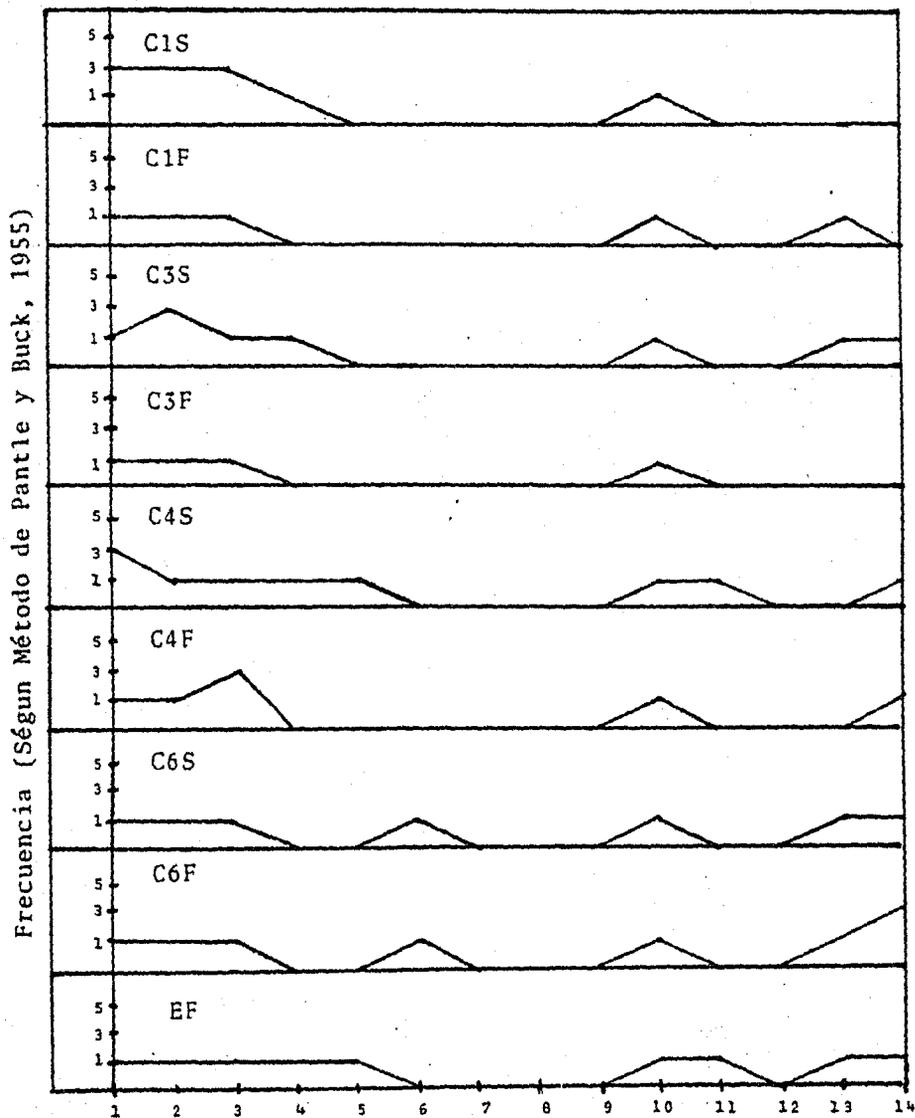
Euglena pisciformis



MUESTREOS

GRAFICA 3

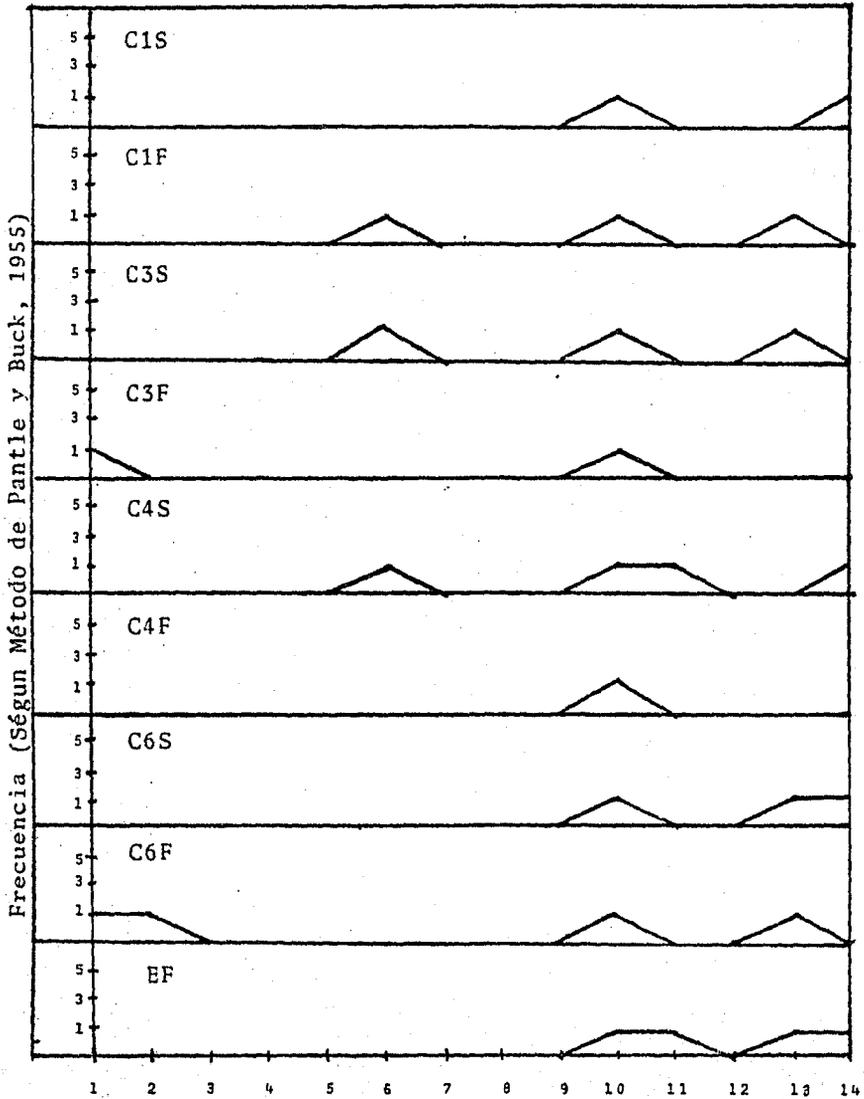
Euglena proxima



MUESTREOS

GRAFICA 4

Astasia sp.

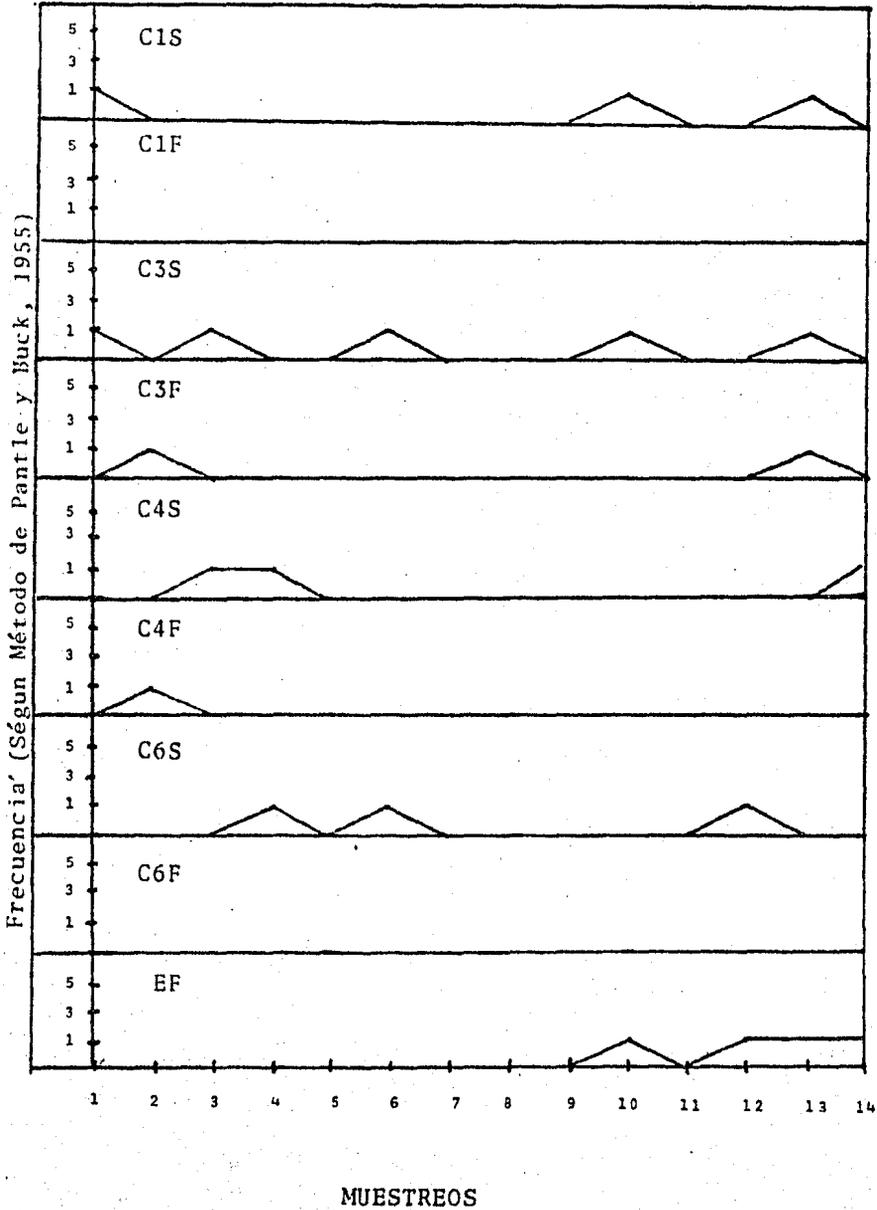


MUESTREOS

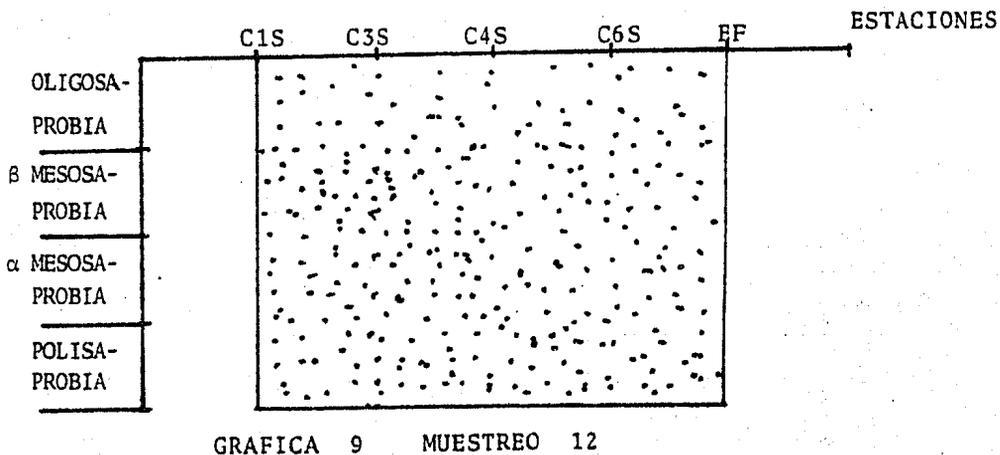
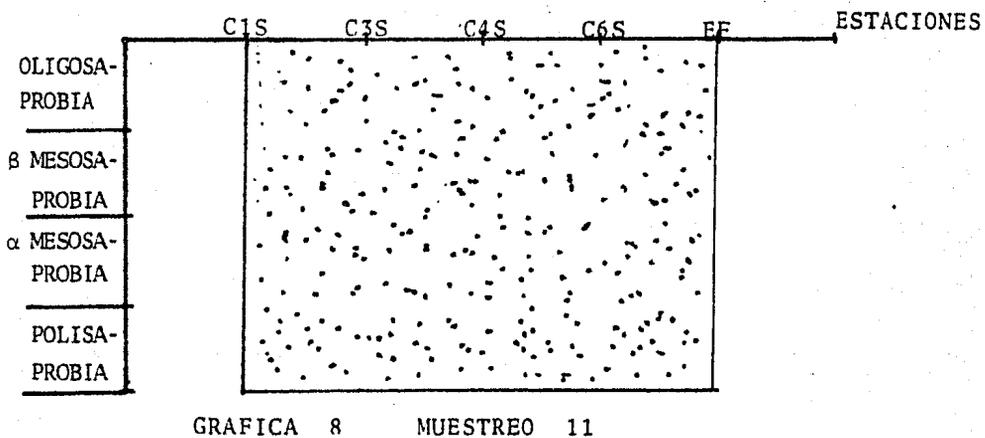
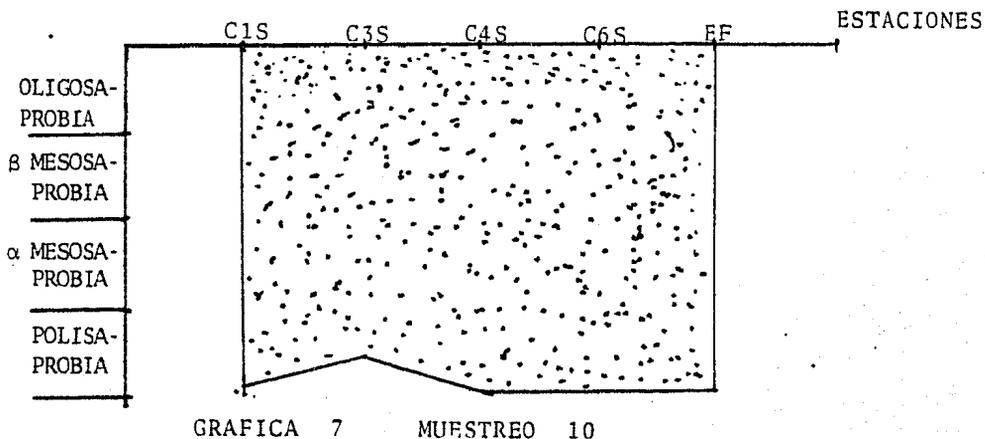


GRAFICA 6

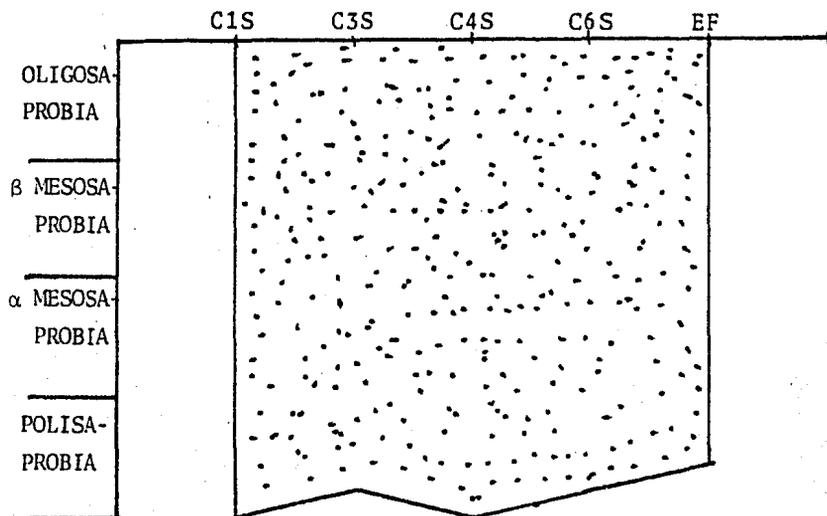
Phacus sp.



REPRESENTACION GRAFICA DE LA SECCION BIOLOGICA  
LONGITUDINAL DE LA CALIDAD DEL AGUA

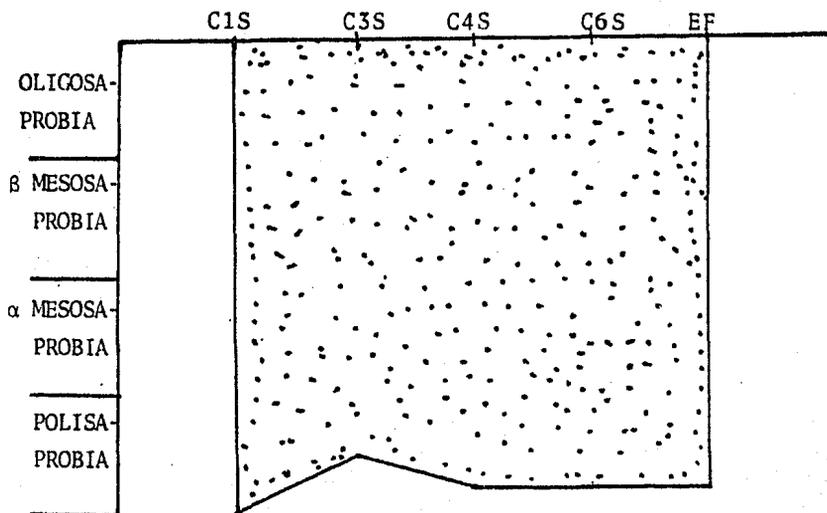


ESTACIONES



GRAFICA 10 MUESTREO 13

ESTACIONES



GRAFICA 11 MUESTREO 14

T A B L A 1  
Resultados de los Muestreos Intensivos

PARAMETROS	Octubre			Diciembre			Enero		
	24 al 31 de 1981			2 al 5 de 1981			20 al 24 de 1982		
	Afl.	Con.	Efl.	Afl.	Con.	Efl.	Afl.	Con.	Efl.
Gasto ( l/seg )	0.85	-	0.65	0.85	-	0.60	0.75	-	-
D.B.O. <sub>5p</sub> ( mg/l )	-	-	-	287	208	185	500	566	366
D.Q.O. <sub>p</sub> ( mg/l )	432	468	383	600	999	1590	1073	1993	1025
Sólidos totales ( mg/l )	939	926	760	1410	1043	1030	2960	2670	2748
Sólidos suspendidos ( mg/l )	519	391	320	248	172	222	1783	1695	1718
Coliformes totales/ 100ml.	2400 $\times 10^{12}$	160 $\times 10^{12}$	4 $\times 10^{12}$	460 $\times 10^8$	-	98 $\times 10^8$	-	-	-
Coliformes fecales/ 100 ml.	1100 $\times 10^{12}$	14 $\times 10^{12}$	4 $\times 10^{12}$	460 $\times 10^8$	-	98 $\times 10^8$	-	-	-
Estreptococos fecales/ 100ml.	1100 $\times 10^{12}$	4 $\times 10^{12}$	0	98 $\times 10^8$	-	4 $\times 10^8$	-	-	-

-----  
Temperatura del agua ( ° C ) : Octubre

Afluente: Mínima: 15.7 ; Promedio: 16.8 ; Máxima: 18.2  
 Conexión: Mínima: 14.2 ; Promedio: 16.6 ; Máxima: 19.8  
 Efluente: Mínima: 15.2 ; Promedio: 18.3 ; Máxima: 22.6

Temperatura del agua ( ° C ) : Diciembre

Afluente: Mínima: 12.0 ; Promedio: 14.5 ; Máxima: 15.0  
 Conexión: Mínima: 11.0 ; Promedio: 14.9 ; Máxima: 22.0  
 Efluente: Mínima: 11.0 ; Promedio: 15.8 ; Máxima: 21.0

Temperatura del agua ( ° C ) : Enero

Afluente: Mínima: 1.0 ; Promedio: 13.7 ; Máxima: 20.0  
 Conexión: Mínima: 8.0 ; Promedio: 14.0 ; Máxima: 21.0  
 Efluente: Mínima: 9.0 ; Promedio: 14.8 ; Máxima: 21.0

Temperatura ambiente ( ° C ) :

Octubre: Mínima: 9.2 ; Promedio: 13.4 ; Máxima: 16.2  
 Diciembre: Mínima: 3.0 ; Promedio: 10.1 ; Máxima: 22.0  
 Enero: Mínima: - 2.0 ; Promedio: 10.0 ; Máxima: 22.0

## T A B L A No 2

## Oxigeno Disuelto

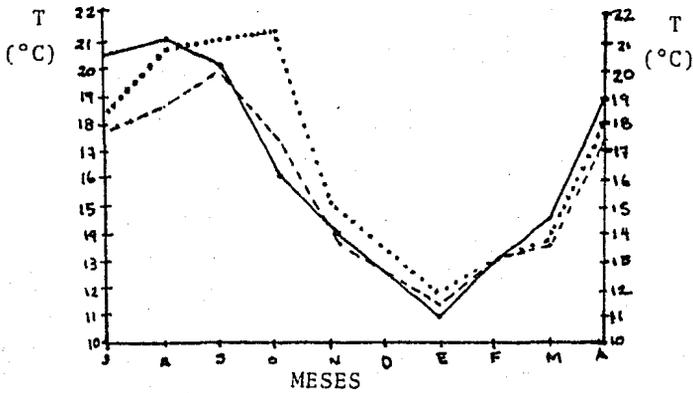
"No se obtuvieron resultados de oxigeno disuelto en ninguno de los muestreos realizados en el sistema".

## T A B L A No 3

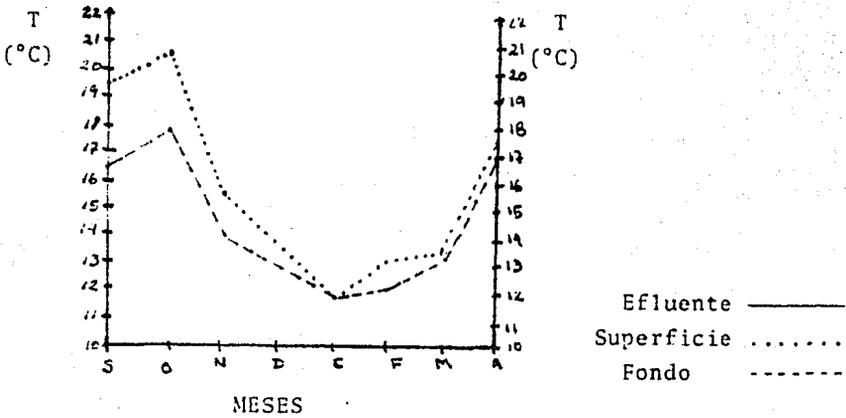
## Temperatura Ambiental

Durante los muestreos se detectaron temperaturas ambientes - dentro del intervalo 8-24°C y como temperatura promedio 16.4.

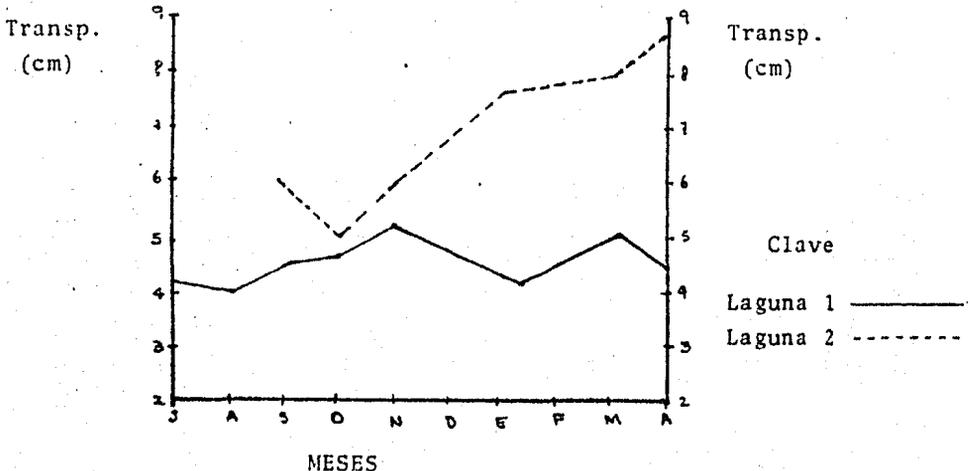
Los parámetros físico-químicos que a continuación se presentan en gráficas son promedios mensuales en el periodo de julio de 1981 a abril de 1982 para el primer estanque y de septiembre - de 1981 a abril de 1982 en el estanque 2.



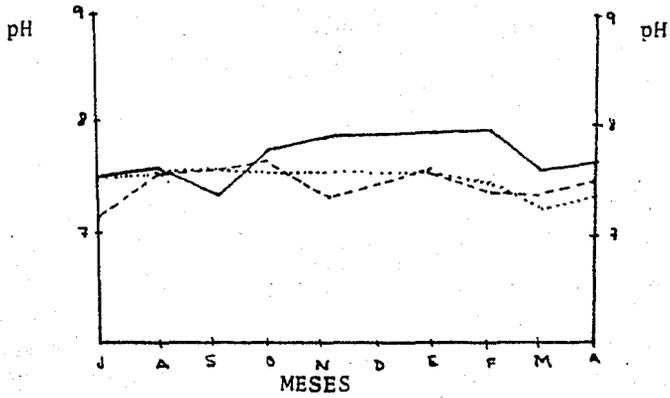
GRAFICA 12: TEMPERATURA LAGUNA 1



GRAFICA 13: TEMPERATURA LAGUNA 2

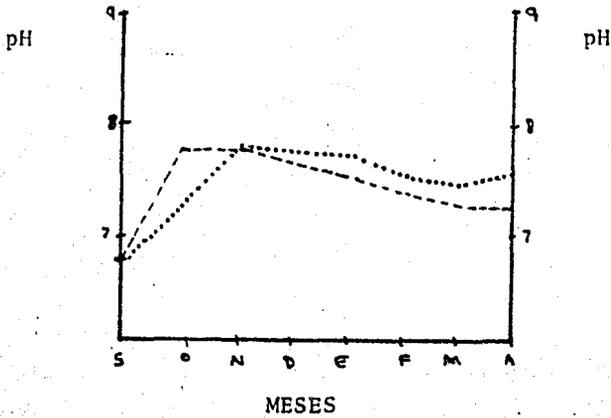


GRAFICA 14: TRANSPARENCIA LAGUNA 1 y 2

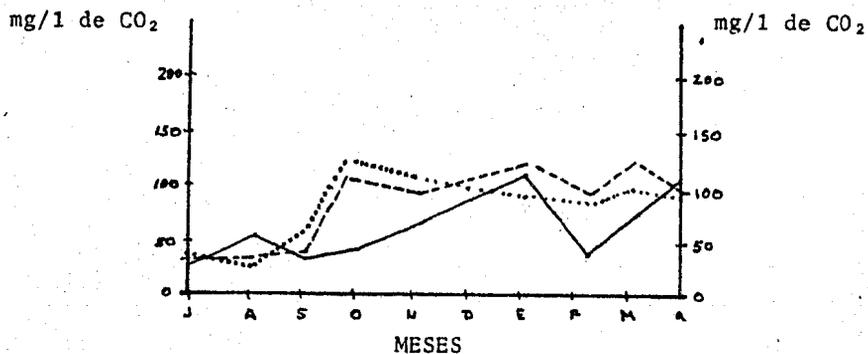


GRAFICA 15: pH LAGUNA 1

EFLUENTE ———  
SUPERFICIE.....  
FONDO - - - - -

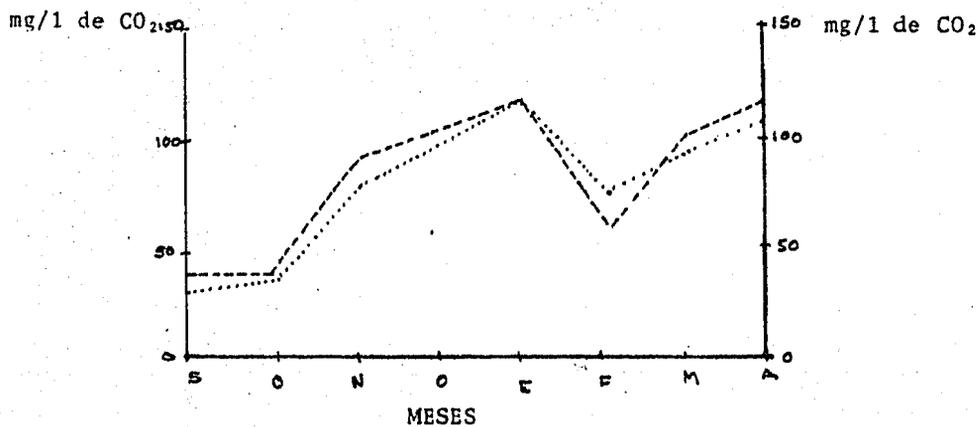


GRAFICA 16: pH LAGUNA 2

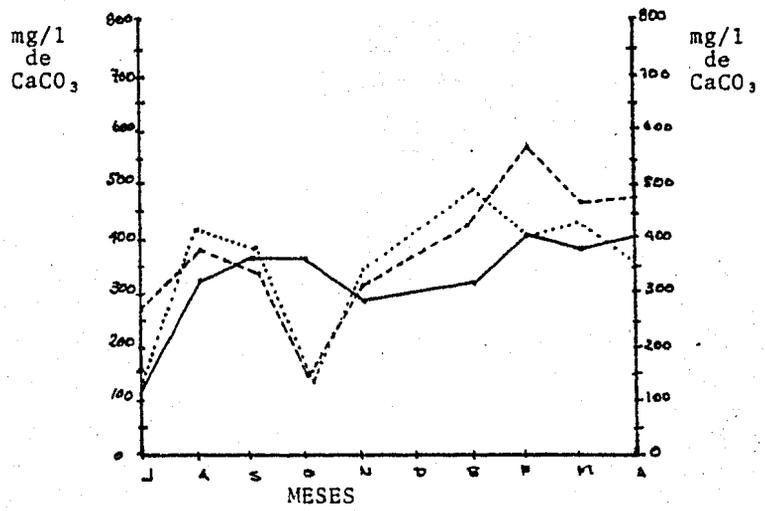


GRAFICA 17: CO<sub>2</sub> LIBRE LAGUNA 1

EFLUENTE —————  
 SUPERFICIE .....  
 FONDO - - - - -

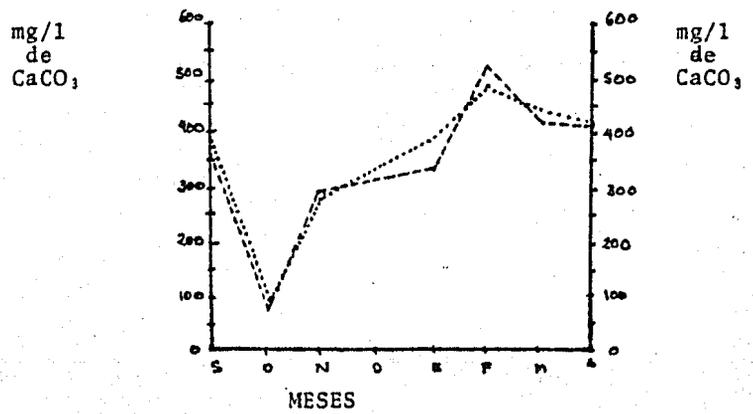


GRAFICA 18: CO<sub>2</sub> LIBRE LAGUNA 2

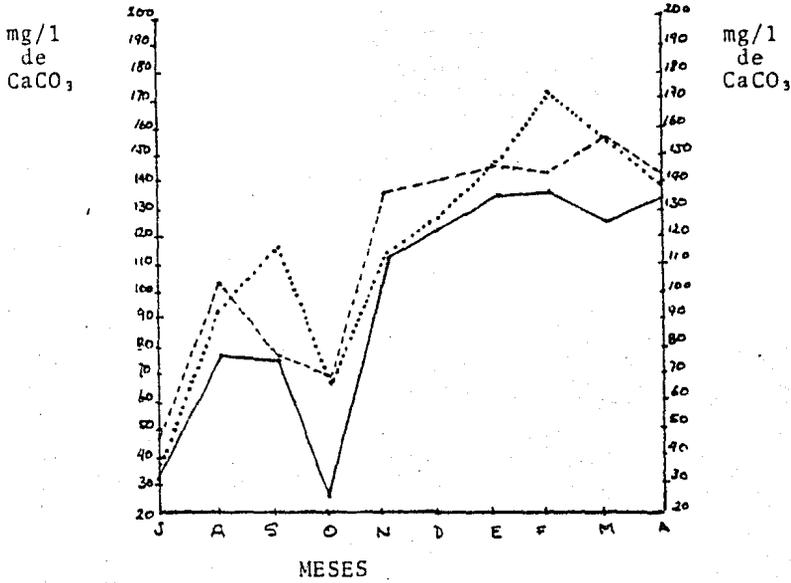


GRAFICA 19: ALCALINIDAD LAGUNA 1

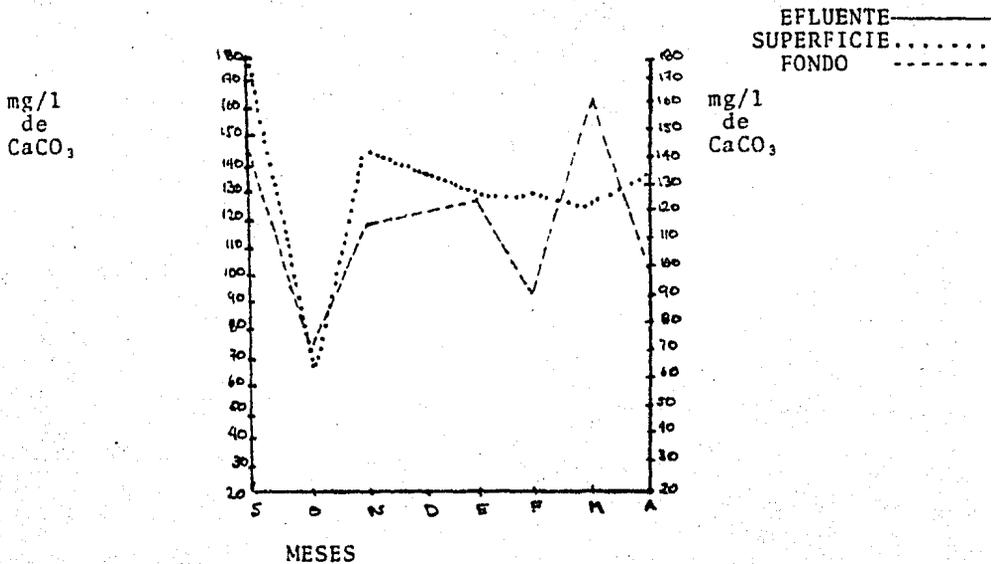
EFLUENTE—————  
SUPERFICIE.....  
FONDO -----



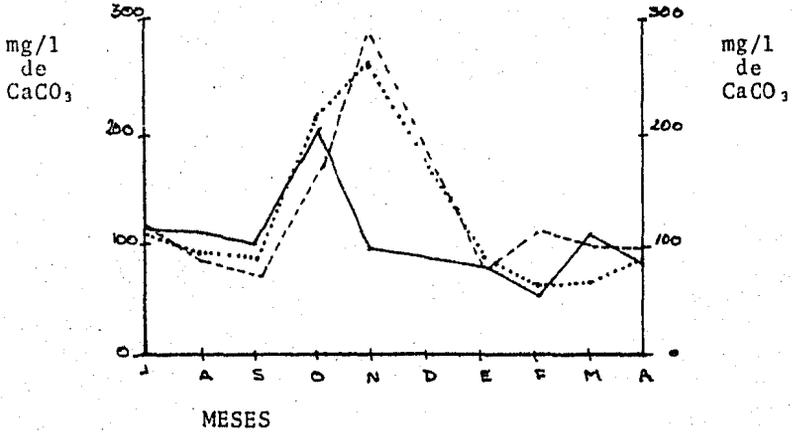
GRAFICA 20: ALCALINIDAD LAGUNA 2



GRAFICA 21: ACIDEZ LAGUNA 1

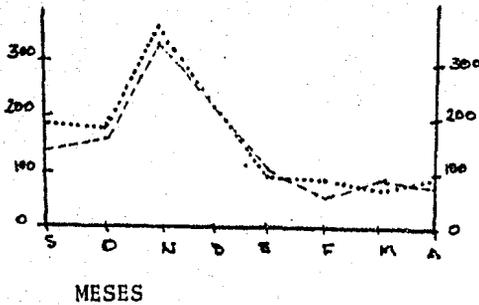


GRAFICA 22: ACIDEZ LAGUNA 2



GRAFICA 23: DUREZA TOTAL LAGUNA 1

EFLUENTE —————  
SUPERFICIE .....  
FONDO - - - - -



GRAFICA 24: DUREZA TOTAL LAGUNA 2

## T A B L A 4

Resultados de nutrientes determinados en el laboratorio.

Nitrógeno en forma de amoniaco ( $N-NH_3$  en mg/l).

Afl. V. máx. 137.2	C <sub>1</sub> S V. máx. 36.7	C <sub>3</sub> S V. máx. 44.8	C <sub>4</sub> S V. máx. 28.0
V. min. 30.1	V. min. 22.4	V. min. 14.0	V. min. 15.6
Promedio 71.7	Promedio 29.4	Promedio 28.6	Promedio 23.1
Efl. V. máx. 39.2	C <sub>1</sub> F V. máx. 35.2	C <sub>3</sub> F V. máx. 39.2	C <sub>4</sub> F V. máx. 31.1
V. min. 19.6	V. min. 20.0	V. min. 8.4	V. min. 25.8
Promedio 29.9	Promedio 29.3	Promedio 31.2	Promedio 27.4
	C <sub>6</sub> S V. máx. 30.8	C <sub>6</sub> F V. máx. 31.5	
	V. min. 11.2	V. min. 11.2	
	Promedio 24.6	Promedio 22.6	

Nitrógeno en forma de nitritos ( $N-NO_2$  en mg/l)

Afl. V. máx. 0.72	C <sub>1</sub> S V. máx. 0.81	C <sub>3</sub> S V. máx. 0.73	C <sub>4</sub> S V. máx. 0.73
V. min. 0.13	V. min. 0.39	V. min. 0.32	V. min. 0.06
Promedio 0.502	Promedio 0.52	Promedio 0.51	Promedio 0.34
Efl. V. máx. 0.73	C <sub>1</sub> F V. máx. 0.96	C <sub>3</sub> F V. máx. 0.84	C <sub>4</sub> F V. máx. 0.97
V. min. 0.13	V. min. 0.01	V. min. 0.27	V. min. 0.42
Promedio 0.53	Promedio 0.50	Promedio 0.58	Promedio 0.67
	C <sub>6</sub> S V. máx. 1.76	C <sub>6</sub> F V. máx. 1.41	
	V. min. 0.45	V. min. 0.0	
	Promedio 0.74	Promedio 0.57	

Nitrógeno en forma de nitratos ( $N-NO_3$  en mg/l)

Afl. V. máx. 1.6	C <sub>1</sub> S V. máx. 3.3	C <sub>3</sub> S V. máx. 2.6	C <sub>4</sub> S V. máx. 2.6
V. min. 0.0	V. min. 0.0	V. min. 0.0	V. min. 0.01
Promedio 0.80	Promedio 1.17	Promedio 0.79	Promedio 1.38
Efl. V. máx. .	C F V. máx. 2.8	C F V. máx. 2.7	C F V. máx. 3.0
V. min.	V. min. 0.01	V. min. 0.005	V. min. 0.01
Promedio	Promedio 1.01	Promedio 1.13	Promedio 1.6

C <sub>6</sub> S V. máx. 2.8	C <sub>6</sub> F V. máx. 3.8
V. min. 0.01	V. min. 0.02
Promedio 1.55	Promedio 1.38

Fósforo en forma de ortofosfatos (P-PO<sub>4</sub> en mg/l)

AfV. máx. 12.6	C <sub>1</sub> S V. máx. 2.40	C <sub>3</sub> S V. máx. 4.97	C <sub>4</sub> S V. máx. 3.30
V. min. 0.12	V. min. 0.21	V. min. 0.17	V. min. 0.49
Promedio 2.90	Promedio 3.58	Promedio 1.99	Promedio 1.14
EfV. máx 6.4	C <sub>1</sub> F V. máx.13.0	C <sub>3</sub> F V. máx. 7.80	C <sub>4</sub> F V. máx. 4.10
V. min. 0.13	V. min. 0.63	V. min. 0.36	V. min. 0.23
Promedio 2.54	Promedio 5.28	Promedio 3.00	Promedio 1.32
	C <sub>6</sub> S V. máx. 4.60	C <sub>6</sub> F V. máx. 3.6	
	V. min. 0.16	V. min. 0.79	
	Promedio 1.79	Promedio 2.19	

Promedio y desviaciones estándar de la totalidad de los datos.

	$\bar{X}$	$\bar{S}$	
N-NH <sub>3</sub>	33.46	17.6	V. máx. - Valor máximo
N-NO <sub>2</sub>	0.54	0.238	V. min. - Valor mínimo
N-NO <sub>3</sub>	0.58	--	
P-PO <sub>4</sub>	2.78	2.19	

## T A B L A 5

Prueba de  $t$  de student para 6 variables físico-químicas donde la hipótesis contrastada  $M_1 = M_2$ . Las varianzas poblacionales se suponen desconocidas y desiguales. Se utilizó la aproximación de Welch, 1947 (Remington).

Temperatura	$\bar{X}$ AFL. 16.5666	$\bar{X}$ EFL. 17.1666	CO <sub>2</sub>	$\bar{X}$ AFL. 62.2666	$\bar{X}$ EFL. 65.6333
	SAFL. 1.9260	SEFL. 3.5704		SAFL. 7.8909	SEFL. 30.8678
	Valor encontrado de $t$ 0.5529			Valor encontrado de $t$ 0.4092	
	Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.07			Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.11	
	Grados de libertad 23			Grados de libertad 16	
	No existe diferencia significativa.			No existe diferencia significativa	
pH			Alcalinidad		
	$\bar{X}$ AFL. 7.8	$\bar{X}$ EFL. 7.5666		$\bar{X}$ AFL. 437.98	$\bar{X}$ EFL. 321.733
	SAFL. 0.5113	SEFL. 0.2222		SAFL. 173.029	SEFL. 67.38
	Valor encontrado de $t$ 1.62			Valor encontrado de $t$ 2.42	
	Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.0860			Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.093	
	Grados de libertad 20			Grados de libertad 19	
	No existe diferencia significativa			Si existe diferencia significativa	
Acidez			Dureza		
	$\bar{X}$ AFL. 106.86	$\bar{X}$ EFL. 85.60		$\bar{X}$ AFL. 125.06	$\bar{X}$ EFL. 103.33
	SAFL. 71.53	SEFL. 58.80		SAFL. 60.84	SEFL. 35.38
	Valor encontrado de $t$ 0.8891			Valor encontrado de $t$ 1.1956	
	Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.045			Valor en tablas de $t$ (95% de confianza) 2.0639	
	Grados de libertad 29			Grados de libertad 24	
	No existe diferencia significativa			No existe diferencia significativa	

## D I S C U S I O N

## Caracterización Físico-Química de los estanques.

El no haber detectado oxígeno disuelto en el sistema (tabla 2) denota una predominancia de condiciones anaerobias. Es muy probable que las concentraciones de oxígeno fuesen tan pequeñas que el método usado no fuese el adecuado, o que, por otro lado el oxígeno producido por las algas (entre ellas los euglenales) fuese en concentraciones tan pequeñas que inmediatamente era consumido por los organismos ó utilizado en los procesos de degradación de la materia orgánica (75). Por otro lado la transparencia (gráfica 14) es otra de las causas que influyó en la concentración de oxígeno, ya que, la penetración de luz al sistema se veía disminuida por el alto número de materiales en suspensión lo que impide que la luz llegue se más directamente a los organismos fotosintéticos (38).

El pH y la temperatura son dos de los principales parámetros físicoquímicos importantes en estanques de estabilización anaerobios para su buen funcionamiento (17). Las gráficas 15 y 16 muestran los valores de pH de los estanques estudiados los cuales siempre se mantuvieron en la parte alcalina de la escala (mayor a7) que se considera el óptimo (41).

La temperatura del agua fué un limitante importante puesto que de noviembre de 1981 a marzo de 1982 se observaron temperaturas por abajo de 15°C (gráficas 12 y 13) permitiendo un eficiente funcionamiento de los estanques anaerobios (17). En la tabla 1 se observa una evidente baja en el funcionamiento del sistema al presentarse una disminución en la remoción de sólidos suspendidos y totales, en la DBO<sub>5</sub>, y la DQO, al disminuir la temperatura; presentandose en el mes de enero la temperatura más baja.

En las diferentes estaciones de muestreo, observamos que las temperaturas de la superficie eran superiores a las del -

resto del sistema. Esta notable y casi permanente estratificación térmica, fue quizá debido a la hora (9-13 hrs) en que se realizaron los muestreos, debido a que en esa hora el sol solo calentaba el agua superficial sin poder llegar al fondo y que horas después, quizá por transmisión del calor a la superficie y la acción del aire, la temperatura del agua de los estanques fuese más homogénea. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de la formación de una termoclina en alguna hora del día.

En las graficas 17 y 18 se observan valores altos de  $\text{CO}_2$  libre. La mayoría de este  $\text{CO}_2$  procede del metabolismo de algunas bacterias y de la respiración de microorganismos aerobios principalmente (77).

Al observar los cambios del  $\text{CO}_2$  a lo largo de los muestreos se denota una gran influencia de la temperatura, el ascenso de esta, aumenta la descomposición de la materia orgánica, la respiración de organismos y el consumo de  $\text{CO}_2$  por los Euglenales (algas en general) (43).

En los meses con temperaturas altas (julio-septiembre), la concentración de  $\text{CO}_2$  libre es menor, puesto que disminuye su solubilidad en el agua y viceversa en los meses fríos del año.

La alcalinidad de los estanques se debió principalmente a los bicarbonatos (2); A valores de pH entre 7 y 8 el porcentaje de bicarbonatos en el sistema  $\text{CO}_2$  - Bicarbonatos - Carbonatos fue el mayor. Además por otro lado, las bacterias anaerobias que producen bicarbonatos de amonio y la liberación de bicarbonatos de fierro y manganeso del sedimento (32,77), favorecieron el aumento en la concentración de bicarbonatos del agua de los estanques. Es por todo lo anterior que el pH de los estanques fue casi siempre cercano a 7 (gráficas 15 y 16). Todo esto contribuyo a los altos valo

res de alcalinidad de los estanques (gráficas 19 y 20).

El comportamiento del nitrógeno en forma de amoníaco re presentado en la tabla 4 se observó diferente a las reportadas en otras aguas negras (5a). En condiciones anaerobias la formación de amoníaco se vio favorecida, y por el contrario para nitratos y nitritos (59). Como se puede observar en la tabla 4 los valores de nitritos y nitratos fueron superiores que los de nitrógeno amoniacal. Esto fue quizás debido a la presencia de bacterias nitrificantes en la zona superficial de los estanques, puesto que, la nitrificación es posible -- hasta 0.3 mg/l de oxígeno (77), y que probablemente existió en la zona superficial.

La dureza total representada en las gráficas 23 y 24, de notan aguas moderadamente duras en los meses de julio-septiembre (0-150 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ), volviéndose durante los meses fríos, octubre a diciembre duras y muy duras ( hasta 300 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  y más de 300 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ ). Este considerable aumento en la precipitación, pudo ser debido a la acumulación de iones  $\text{Ca}^{+2}$  en el sistema. En sistemas anaerobios estos iones forman complejos con aminoácidos, ácidos grasos (32), por lo que, es te mecanismo es el principal factor de la variación en los es tanques.

La acidez representada en las gráficas 21 y 22, fue debi da principalmente al  $\text{CO}_2$  disociado por el número de bacterias metanogénicas y  $\text{H}_2\text{S}$ , producto metabólico de las bacterias reductoras del sulfato y ácidos orgánicos (4,41,77). Todos estos contribuyeron al incremento constante en el sistema durante el estudio. En el primer estanque el valor más bajo se observó en el mes de julio y más alto en febrero. El estanque 2 presentó su menor valor en octubre y los mayores en marzo.

Los valores de fósforo en forma de ortofosfatos no siguen ningún patrón establecido (tabla 4). Esta gran variación fué debida probablemente al consumo por organismos autótrofos (algas, euglenales) y por bacterias (4,77).

El análisis de datos de las pruebas de "t" para denotar las diferencias significativas existentes entre el afluente y el efluente de 5 parámetros (57), arrojó como resultado - (tabla 5) que con un nivel del 0.5 de significancia, no existieron diferencias significativas para el pH, temperatura, acidez, CO<sub>2</sub> libre y dureza total entre el afluente y el efluente. En cambio para la alcalinidad con en el mismo nivel de confianza, si existió diferencia significativa entre el afluente y el efluente.

El análisis para la obtención de la calidad del agua -- siempre estuvo dentro de la zona polisaprobia y esto se corroboró por los 6 tipos de organismos euglenales encontrados (67).

Biología de los Protozoarios Euglenales en los Estanques.

De los seis Euglenales encontrados 3 pertenecen al orden Euglena, uno al género Astasia, uno al género Phacus y uno al género Chlamydomonas. Los cuales son todos de vida libre (27) y se han reportado para sistemas de tratamiento biológico (10).

E. viridis y E. proxima se consideran como organismos indicadores de condiciones polisaprobias. (67) y E. pisciformis indicadora de condiciones  $\alpha$ - $\beta$  mesosaprobias.

Los otros 3 organismos (Chlamydomonas sp., Astasia sp., y Phacus sp.) dadas las condiciones en las cuales se encontraban los estanques se podrian considerar como indicadoras de condiciones polisaprobias.

Cuando las condiciones de nutrientes se presentan en los puntos críticos de tolerancia para determinadas especies de protozoarios, la presencia de estos asi como su abundancia depende principalmente del alimento disponible (69).

Dentro de los Euglenales encontrados E. viridis y Phacus sp. son holofíticos Astasia sp y E. viridis son saprozoicos y E. pisciformis es únicamente autótrofa.

La gran cantidad de Chlamydomonas fue quizá, debida al hecho de que por su alimentación (saprozoica) estuvieran presentes en todos los sitios de muestreo, dado que su principal fuente de alimento son las bacterias, del tipo de las coliformes que en el sistema fueron muy abundantes. (Tabla 1).

La Astasia sp. no se detectó en el mes de octubre pero sí en el mes de noviembre, aunque siempre en baja frecuencia. La ausencia de estos organismos así como el aumento de Chlamydomonas sp. nos hace suponer una posible competencia. Se puede pensar en una sucesión entre los diferentes Euglenales

presentes en el sistema. Las Chlamydomonas sp. se presentaron durante todo el estudio mientras que E. pisciformis y E. viridis aumentaron ó permanecieron más o menos en un número constante a lo largo del estudio. E. proxima al inicio del estudio se presentó con regularidad, no siendo así en los meses fríos; presentandose después aunque en números pequeños.

Durante los meses de noviembre y diciembre, Astasia sp. se presentó con mayor frecuencia en todos los puntos de muestreo, no siendo así para los meses restantes, y como se puede observar en el comportamiento de Chlamydomonas, (gráfica - 5) en esos mismos meses, el número disminuyó por lo que es probable que existiera alguna competencia entre ambas.

El género Phacus sp. presentó un comportamiento muy irregular, aunque durante todo el estudio, se presentó siempre en la misma estación a intervalos regulares en números pequeños (gráfica 6); y esto fue tal vez debido a que estos organismos, siendo indicadores de condiciones polisaprobias se hallaron juntamente en esta estación (C<sub>1</sub>S) que es la más cercana a la entrada del sistema y en donde la materia orgánica es más abundante.

Los diferentes cambios en la frecuencia de los Euglenales en el sistema debieron de estar relacionados con las condiciones del mismo. Es por eso que al principio del estudio, los organismos como Astasia sp. y Phacus sp. (indicadores de condiciones polisaprobias) no se presentaron y que al transcurso del tiempo y por continuos aportes del afluente con materiales orgánicos se produce el aumento en la frecuencia de estos organismos.

En el caso de Chlamydomonas sp., E. viridis, E. proxima como son organismos que pueden realizar la fotosíntesis, y por considerarseles indicadores de condiciones polisaprobias (68), se presentaron durante todo el estudio aumentando, en promedio, su frecuencia al paso del tiempo.

Para E. pisciformis, indicadora de condiciones de  $\alpha$ - $\beta$  mesosaprobias (67), su comportamiento no fue muy claro. Sin embargo junto con E. viridis y E. proxima se consideran organismos que soportan cambios amplios con respecto a temperatura, CO<sub>2</sub> libre, alcalinidad, pH, acidez y dureza (4).

En el análisis de la calidad del agua (según Pantle y - Buck, 1955) (64) de las diferentes estaciones tanto superficiales como del fondo, para todos los organismos indicadores encontrados y de los últimos 5 muestreos se presentaron condiciones predominantemente polisaprobias. Debe aclararse - que en las gráficas presentadas en este trabajo solo se utilizaron datos de frecuencia de los Euglenales indicadores de contaminación, es decir, los que se lograron identificar a - nivel de especie, dentro del sistema de estanques.

Asimismo y confirmando lo anterior, la tabla 1 muestra parámetros, tales como, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totales y suspendidos, coliformes totales y fecales, estreptococos fecales del afluente y efluente indicándonos, en ambos, condiciones, polisaprobias(43); los estanques eliminaron en una forma eficaz estreptococos fecales y coliformes, aún cuando estén presentes en el efluente, hecho que fue debido al alto número - que entra al sistema; asimismo la DBO<sub>5</sub> y DQO se eliminaron - por el sistema, pero en proporciones bajas.

En lo que concierne a las gráficas de la calidad del agua basadas en datos de frecuencia de las especies de Euglenales indicadores de contaminación, no reflejan, tan bien como se esperaba las condiciones de saporiedad del cuerpo de agua; sin embargo, el uso de un grupo de organismos para determinar las condiciones de contaminación de estos estanques, ha sido en su grado satisfactorio. Debido a que en su mayoría los euglenales son indicadores de condiciones mesosaprobias y polisaprobias (33,43,67). Cabe aclarar que el uso de los organismos euglenales como indicadores de contaminación para condiciones como la de los estanques estudiados fué hasta cierto punto útil pero en condiciones diferentes, el uso

exclusivo de estos organismos como indicadores, quizá no daría muy buenos resultados.

En general, dentro del sistema además de haberse presentado algas unicelulares (Euglenales), también se presentaron organismos como protozoarios, ciliados y sarcodarios, un -- gran número de bacterias y zooflagelados (como Bofo saltans, B. edax entre otros); y para lograr una aceptable evaluación de las condiciones de contaminación se deben de tomar en cuenta todos los organismos que intervienen de acuerdo con el sistema de Sladeczek (1973) (64). En el que las bacterias -- predominan ( en condiciones de  $\alpha$ -mesosaprobiedad) sobre algas unicelulares (productores) y flagelados incoloros y ciliados (consumidores). En condiciones de polisaprobiedad, predominan los flagelados mixotróficos (flagelados con nutrición fototrófica y sapróbica), como fue en el caso de los estanques estudiados (34).

## CONCLUSIONES

- Los Euglenales aislados del sistema, fueron de vida libre mixotrofos y fototrofos.
- La mayoría de los euglenales encontrados, no fueron afectados por las variaciones extremas de las condiciones del agua presentes en los estanques, ya que, el número de las diferentes especies encontradas permaneció más o menos -- constante durante los 14 muestreos.
- Los fitoflagelados presentes, mostraron una sucesión a lo largo del estudio y esto fue probablemente debido al continuo aumento de la materia orgánica en el sistema.
- Los euglenales con capacidad fotosintética parecen ser el primer eslabón de la cadena alimentaria en el sistema; y en las especies de alimentación saprozoica participan, al igual que otros protozoarios, en los procesos de purificación.
- Durante el estudio, el funcionamiento de los estanques -- presentó condiciones predominantes anaerobias.
- Los euglenales indicadores de contaminación usados en la determinación de las condiciones de la calidad del agua, no proporcionaron datos tan satisfactorios como los obtenidos de datos físico-químicos y otros estudios biológicos.

## B I B L I O G R A F I A

1. Angeli, N. (1970) Influencia de la Polución del Agua Sobre los Elementos del Plancton pp. 115-153. En: La Contaminación de las Aguas Continentales. Ed. Mundi-Prensa Madrid.
2. A.P.H.A., A.W.W.A. (1980) Standard Methods for the Examination of water and Waste Water. Joint Editorial Board Washington, D.C. 15a Ed.
3. Blum, J.J. Sommer, J.J. y V. Kahn. (1965) Some Biochemical Cytological and Morphogenetic Comparison between As-tasia longa and a bleached Euglena gracilis. J. Protozool. (12):202-209.
4. Buetow, J.E. (1968) The Biology of Euglena. Vol. I. Academic Press New York and London.
5. Buetow, D.E. (1968) The Biology of Euglena. Vol. II. Academic Press New York and London.
6. Cairns, J. Jr., et al. (1972) Pollution Related Structural and Functional Changes in Aquatic Communities with Emphasis on Fresh-Water. Algae and Protozoa. Proc. Acad. Nat. Sei. Phila. 124:79-82
7. Cairns, J. Jr. (1962) The Enviromental Requirement in Water Pollution. 3th Seminar. phs. publ. No. 999/wp/-25.
8. Christen, H.R. (1959) New Colorless Eugleninae J. Protozool. 6(4):306-308.
9. Curds, C.R. (1973) The Role of Protozoa in the Activated - Sludge Process. Amer. Zool. 13:161-169.
10. Curds, C.R. (1979) Le Role des Protozoaires dans le Purification de L'eau. Ann. Biol. 1. XVIII, fasc. 5-6
11. Davis, E.M. et. al. (1977) Algal Contribution to B.O.D. reduction in an Industrial Waste Stabilization Pond. - Conferencia en: 32nd. Anual Purdue Industrial Waste - Conference: May 10-12.

12. De Lora, F. y Miró J. (1978) Técnicas de Defensa del Medio Ambiente. Tomo I. Ed. Labor, S.A. España.
13. Dennis, B.G. (1980) "Lagoons and oxidation ponds". Literature Review. June p. 1177-1181.
14. Departamento de Sanidad del Edo. de N.Y. (1976) Manual de Tratamiento de Aguas Negras o de Desecho. Limusa. México.
15. Departamento de Sanidad del Edo. de N.Y. (1980) Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Limusa México.
16. Departamento de Sanidad del Edo. de N.Y. (1981) Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Limusa México.
17. Dodakundi, G.B. y Rodgi J.J. (1975) Waste Stabilization - Ponds A. Review Karnatak Univ. J. (Sci). 20: 191-217
18. Estado de México. (1978). Panorama Socioeconómico 1975. - Toluca México.
19. Eckenfelder, W.W. y D.J. 6 Connor. (1961) Biological Waste Treatment. Pergamon Press. N.Y. U.S.A.
20. E.P.A. (1975) Fresh - Water Biology and Pollution Ecology. Training Manual Cincinnati. U.S.A.
21. Falloys, A. (1971) Lagunas de Estabilización en América Latina. CPICSA. Péru.
22. Fritz, J.J. (1979) Dinamyc Process Moduling of Waste Water Stabilization Ponds. Vol. 5 No. 11 Nov. 2724-43.
23. Frobisher, M. et. al. (1974) Fundamentals of Microbiology. W. B. Saunders. Co. Phil. U.S.A.
24. Gibbs, J.P. (1978) The Cloroplasts of Euglena. May Have Evolved from Symbiotic Green Algae. Car. J. Botanic. 56: 2883-9.
25. Gloyna, E.F. (1971) Waste Stabilization Ponds. World Health Organization Monograph. Geneva
26. Gojdics, H. (1953) The Genus Euglena. Madison Univ. Wisconsin Press.
27. Grassé, P.D. (1952) Traité de Zoologie. Masson et Cie. Tomo I. París.
28. Grell, G.K. (1973) Protozoology. Springer-Verlog. N.Y.- Berlin.

29. Hardam, J.A. y J.A. Borchard T. (1969) A Method for Predicting the Effects of Light Intensity on Algal Growth and Phosphorus Assimilation. J. WPCE 41 (1): R392-R404.
30. Hernández, C. (1982) Selección de Diferentes Alternativas de Tratamiento de Aguas Negras de Origen Doméstico - en Medios Rurales de México. En: Mem. del Curso "Temas Selectos de Ecología Microbiana". U.L.S.A. México.
31. Homer, W.P.E. Parquer (1975) "Waste water Systems". Engineering Prentice Hall Inc., N.Y. pp. 20-30.
32. Hutchinson, G.E. (1975) A Treatise on Limnology. John Wiley and Son. Vol. 1 N.Y.
33. Iserentant, R. y J.R. Desloover. (1976) Le Concept de Bio-indicateur. Mem. Soc. Roy. Bot. Bel. 7:15-24.
34. Jahn, L.T. (1979) How To Know the Protozoa. Pictured Key - Nature Series 2a. Ed. U.S.A.
35. Johnson, L.N. (1944) Euælenæ or Iowa. Trans. American Microscopic Soc. 63(2): 97-135.
36. Kudo, R. (1972), Protozoología C.E.C.C.S.A. 2a. Ed. México
37. Levine, N.D. et al (1980) "A Newly Revised Classification of -- the Protozoa". Jour. Protozool. 27 (1): 37-58.
38. Leynaud, G. (1970) Modificaciones del Medio Acuático por -- Influencia de la Polución. pp. 1-26. En: La Contaminación de las Aguas Continentales Ed. Mundi-Prensa - Madrid.
39. Limón Macías, J.G. (1979) Microbiología de Lagunas de Estabilización. SARH. México.
40. Mackinnon, D.L. y R.S. Hawes. (1961) An Introduction to -- the Study of Protozoa. Oxford. Univ. Press. Londres.
41. Mara, D.D. (1976) Sewage Treatment in Hot Climates John Wiley and Sons. G.B.
42. Margalef, R. (1981). Ecología. Edit. Planeta, España.
43. Margalef, R. (1955) Los Organismos Indicadores en la Limnología. Inst. Forestal de Invest. y Experiencias Madrid.

44. McGraw, H. (1972) Waste Water Engineering. Metcalf and Eddy. Inc. U.S.A.
45. Mitchell, R. (1978) Water Pollution Microbiology. Vol. 2. -- 1st. Ed. John Wiley and Sons. U.S.A.
46. Montajano, E. (1969) Tratado de Aguas Residuales. Ed. Limusa México.
47. Odum, E.D. (1972) Ecología. Ed. Interamericana México
48. Palmer, Marvin, C. (1977) Algae and Water Pollution. Municipal Environmental Research Laboratory Office of Research and Development V.S. Environmental Protección Agency U. S.A.
49. Pérez Reyes, R. y E. Salas G. (1958) Euglenae del Valle de México I. Algunas Especies Encontradas en el Estanque de Chapultepec. Revista Latinoamericana. Microbiología 1:303-325
50. Pérez Reyes, R. y E. Salas G. (1960) Euglenae del Valle de México II. Descripción de Cinco Especies Nuevas. Libro Homenaje al Dr. Eduardo Caballero y Caballero. S.E.P. I.P.N. Edit. Politécnica. México.
51. Pérez Reyes, R. y E. Salas G. (1960) Euglenae del Valle de México III. Euglena tornata sp. Acta Zool. México. 4: 1-5.
52. Pérez Reyes, R. y E. Salas G. (1961) Euglenae del Valle de México IV. Descripción de Algunos Endoparásitos. Rev. Latinoamericana Microbiol. Parasitol. 4(2): 53-72.
53. Pesson, D. (1979) La Contaminación de las Aguas Continentales. Edit. Mundi-Prensa. Madrid.
54. Pringsheim, E.G. (1957) Two sp. of Trachelomonas (Eugleninae) With out Chlorophyl. Nature. 180: 1296-7
55. Pringsheim, E.G. y O. Pringsheim. (1952) Experimental Elimination of Chromatophores and eyes - spot in Euglena gracilis New. Phitol. 5: 65-75.
56. Ramlho, R.J. (1977) Introduction to Wastewater Treatment Processes. Academic Press. U.S.A.
57. Remington, R.D. y M. A. Schork. (1974) Estadística Biométrica y Sanitaria. Ed. Prentice/Hall Internacional, Madrid.

58. Rico - Ferrat, G. (1975) Aspectos Biológicos de los Protozoarios de las Aguas Negras. Tesis Prof. Fac. de -- Ciencias U.N.A.M. 44
59. Riviére, J. (1979) Métodos Generales de Depuración de Aguas Residuales pp. 27-43. En: La Contaminación de las Aguas Continentales. Ed. Mundi-Prensa Madrid.
60. S.A.R.H. (1976) Análisis de Aguas y Aguas de Desecho. Dir. Gral. de Protecc. y Ordena. Ecológ. 4a Ed. Curso B Vol. 2 México.
61. S.A.R.H. (1976) Análisis de Plancton y Perifiton. Dir. Gral. de Protecc. y Ordena. Ecológ. Vol. 2 México.
62. S.A.R.H. (1970) Estudio de Lagunas de Estabilización en México. pp. 1-12.
63. S.A.R.H. (1980) Curso de Microbiología del Agua. Dir. Gral. de Protecc. y Ordena. Ecológ. Vol. 2 México.
64. Schwoerbel, J. (1975) Métodos de Hidrobiología. H. Blume Editores. Madrid.
65. Shelef, Gedalia H. I. (1978) The Combination of Algal and Anaerobic Waste Treatment in a Bioregenerative Farm. Systems. "Bioconversion of Organic Residues for Rural Communities". Japón. pp. 105-115.
66. Shuval, H.I. and Gruener. N. (1973) Health Consideration in Renovating Wastewater for Domestic Use Environ. Sci Technol. 7,60-604.
67. Sladeczek, V. y J. Perman. (1978) Saprobic Sequence Within the Genus Euglena. Hidrobiología. 57(1): 57-58.
68. Sladeczek, V. (1979) Continental Systems for the Assessment of River Water Quality, En "Biological Indicators of Water Quality" Ed. A. Larnes y Lilian Erickson N.Y. 3-1: 3-32.
69. Sleight, M. (1979) La Biología de los Protozoos. H. Blume Editores. Madrid España.
70. Taber, W.A. (1976) Waste water Microbiology. Am. Rev. Microbiol. 30:263-277.
71. Talboys, A.P. (1971) Lagunas de Estabilización en América Latina. CEPIS. Lima 1-55.
72. Van Nuland, G.J. y J.F. Meis. (1980) Comparison of a Few Systems for the Determination of Saprobics and Trophic degree on the basis of Plankton data. Hidrobiología. 70:251-256.

73. Vittal Rao, M. (1980) Algal Succession During Sewage Stabilization. Indian J. Environ. Hlth. 22 No. 1 20-29.
74. Walne, P.L. (1980) Euglenoid Flagellates. Development in - Marine Biology Vol. 2. Elsevier/North. Holland
75. Wilber G.C. (1971) The Biological Aspects of Water Pollution. 2a Ed. Charles C. Thomas Publisher U.S.A.
76. Wilhm, J.L. y T.C. Dorris. (1968) Biological Parameters - for the Water Quality Criteria. Bioscience 18(6): 477-481.
77. Wetzel, R.G. (1975) Limnology Saunders College Pub. Filadelfia.
78. Wolverton, B.C. and R.C. Mc Donald. (1979) Upgrading Faculative Wastewater Lagoons With Vascular Aquatic -- Plants. Journ. WPCF. 51(2): 305-313.
79. Yáñez, F.P.H.D. Lagunas de Estabilización. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS). Lima Perú.

## ANEXO I

Medio de Chalkley (Chalkley, 1930) (36)

NaCl	0.1 gr.
KCl	0.004 gr.
CaCl <sub>2</sub>	0.006 gr.
Agua destilada	1000 ml.

A este medio se le adicionaban unos granos de arroz o -- trigo. Aunque este medio no era precisamente para fitoflagelados en pruebas previas, se obtuvieron buenos resultados, -- presentando un buen crecimiento de Euglenales.

El medio se colocaba en tubos (10 ml. aprox.) y de 3 a 4 granos de arroz o trigo (previamente esterilizado y cubierto con tapones de algodón y gasa). En condiciones de esterilidad se sembraban con 2.5 ml. de muestra por estación; de cada una de las estaciones al sembrar un tubo, se deja otro sin -- sembrar como blanco para testigo; y se incuba a temperatura -- ambiente (15 a 20°C) durante 72 hrs.

Acetato de lugol (64).

KI	10gr.
I (sublimado 2 veces)	5 gr.
CH <sub>3</sub> COOH	10%

A las muestras se le agregan de 5 a 7 gotas ó hasta que se observe un color amarillo intenso.

A N E X O II

... 93

Tabla 6: Temperatura del agua ( °C )

M/E	Af1.	Ef1.	C <sub>1</sub> S	C <sub>1</sub> F	C <sub>3</sub> S	C <sub>3</sub> F	C <sub>4</sub> S	C <sub>4</sub> F	C <sub>6</sub> S	C <sub>6</sub> F
1	17.5	19	18	18	20	19	-	-	-	-
2	17	20	19	16	18	17	-	-	-	-
3	18	21	27	19	27	19	-	-	-	-
4	18	22	24	18	20	18	-	-	-	-
5	19	20	20	18	19	20	-	-	-	-
6	17.5	21	21	19	19	19	-	-	-	-
7	18	19	23	21.5	21	20	24	18	15	15
8	17	16	19.5	16	23	19	25.5	18	22	17
9	16	14	16	15	15	15	16	15	17	15
10	13.5	14	14	13	15	12	14	13	14	12.5
11	12	11	12	12	12	11	12	12	11	11
12	15	13	13	13	13	13	13	12	13	12
13	15	12.5	12	12	12.5	12.5	12	13	13	12
14	17	16	15	15	15.5	15	14	14	15.5	14
15	18	19	18	17	18	18	18	17	17	17

Tabla 7: Transparencia del agua ( cm)

M/E	C <sub>1</sub> S	C <sub>3</sub> S	C <sub>4</sub> S	C <sub>5</sub> S
1	6.0	6.0	-	-
2	4.0	4.0	-	-
3	4.0	4.5	-	-
4	4.0	4.5	-	-
5	4.0	3.5	-	-
6	4.0	4.5	-	-
7	4.5	4.5	6.0	6.0
8	4.5	4.0	5.0	5.0
9	5.0	5.5	5.0	5.0
10	5.0	5.0	8.0	6.0
11	4.5	4.0	7.0	8.0
12	4.0	5.0	6.0	9.5
13	4.0	5.5	6.5	9.0
14	5.0	5.5	7.0	9.5
15	4.0	5.0	7.5	10.0

Tabla 8: pH

M/E	Af1.	Ef1.	C <sub>1</sub> S.	C <sub>1</sub> F.	C <sub>3</sub> S.	C <sub>3</sub> F.	C <sub>4</sub> S.	C <sub>4</sub> F.	C <sub>6</sub> S.	C <sub>6</sub> F.
1	6.8	7.3	7.3	7.7	7.3	7.0	-	-	-	-
2	8.0	7.5	7.7	6.7	7.5	7.0	-	-	-	-
3	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.5	-	-	-	-
4	8.0	7.5	7.6	7.7	7.6	7.5	-	-	-	-
5	7.5	7.5	7.4	7.5	7.5	7.3	-	-	-	-
6	8.6	7.7	7.5	7.5	7.6	7.6	-	-	-	-
7	7.0	7.0	7.5	7.5	7.7	7.7	7.5	7.5	6.0	6.0
8	8.5	7.7	7.4	7.6	7.6	7.6	7.4	7.7	7.5	7.7
9	8.4	7.8	7.6	6.9	7.5	7.4	7.7	7.7	7.7	7.7
10	7.6	7.8	6.9	7.5	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
11	8.0	7.8	7.6	7.3	7.3	7.5	7.8	7.6	7.7	8.4
12	8.1	7.8	7.4	7.0	7.3	7.4	7.6	7.5	7.5	7.4
13	7.7	7.6	7.4	7.1	7.3	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6
14	7.5	7.4	7.0	7.1	7.0	7.2	7.3	7.1	7.2	7.1
15	7.8	7.6	7.4	7.6	7.5	7.4	7.6	7.3	7.4	7.4

Tabla 9: CO<sub>2</sub> disuelto ( ppm )

M/E	Af1.	Ef1.	C <sub>1</sub> S.	C <sub>1</sub> F.	C <sub>3</sub> S.	C <sub>3</sub> F.	C <sub>4</sub> S.	C <sub>4</sub> F.	C <sub>6</sub> S.	C <sub>6</sub> F.
1	43.5	78.1	83.0	58.6	92.8	78.1	-	-	-	-
2	0	29.3	37.2	34.2	42.0	48.8	-	-	-	-
3	0	42.6	47.5	43.9	52.4	48.7	-	-	-	-
4	0	60.9	53.6	48.7	46.1	48.7	-	-	-	-
5	0	39.1	13.7	26.4	12.7	17.7	-	-	-	-
6	0	43.3	58.5	53.6	58.5	53.6	-	-	-	-
7	12.2	43.3	41.4	10.7	47.5	48.7	47.5	43.3	25.6	45.9
8	0	48.7	121.9	102.4	121.9	126.7	51.2	48.7	24.4	36.6
9	60.9	97.5	85.3	85.3	97.5	91.4	109.6	85.3	73.1	112.1
10	75.9	35.9	89.9	73.9	137.8	143.8	85.9	117.8	75.9	49.9
11	119.8	114.8	109.8	139.8	69.9	109.8	109.8	139.8	119.8	119.8
12	73.9	43.9	81.9	109.8	79.9	69.9	94.8	59.9	77.9	59.9
13	249.7	89.8	29.9	149.8	69.9	89.8	74.9	94.8	99.8	94.8
14	158.3	97.5	59.9	149.8	55.3	119.8	94.8	94.8	125.6	114.8
15	139.8	119.8	81.9	94.8	94.8	89.8	109.8	139.8	99.8	99.8

Tabla 10: Alcalinidad total ( ppm de  $\text{CaCO}_3$  ).

M/E	Afl.	Efl.	C <sub>1</sub> S.	C <sub>1</sub> F.	C <sub>3</sub> S.	C <sub>3</sub> F.	C <sub>4</sub> S.	C <sub>4</sub> F.	C <sub>6</sub> S.	C <sub>6</sub> F.
1	259.0	220.5	220.5	220.5	271.2	259.0	-	-	-	-
2	297.8	259.0	297.8	246.8	220.5	259.0	-	-	-	-
3	275.0	220.5	220.5	330.0	259.0	275.0	-	-	-	-
4	647.5	297.8	419.4	414.4	427.3	349.6	-	-	-	-
5	440.3	310.8	375.5	353.8	388.5	375.5	-	-	-	-
6	351.1	440.3	380.0	313.0	285.0	351.5	-	-	-	-
7	275.5	285.0	294.5	285.0	570.0	380.0	370.5	380.5	408.5	370.5
8	817.0	352.5	142.5	123.5	114.0	142.5	57.0	95.0	133.3	85.5
9	475.0	285.0	332.5	285.0	370.5	285.0	275.5	247.5	285.0	294.5
10	285.0	285.0	332.5	370.5	285.0	285.0	256.5	342.0	285.0	294.5
11	366.5	309.6	453.2	427.6	531.0	427.6	422.8	369.3	332.7	309.6
12	400.0	400.0	520.0	640.0	280.0	480.0	550.0	500.0	440.0	520.0
13	390.0	370.0	360.0	390.0	350.0	390.0	430.0	400.0	440.0	420.0
14	650.0	390.0	440.0	500.0	560.0	550.0	440.0	410.0	460.0	420.0
15	640.0	400.0	360.0	390.0	350.0	560.0	430.0	400.0	440.0	440.0

Tabla 11: Acidez ( ppm de CaCO<sub>3</sub> )

M/E	Af1.	Ef1.	C <sub>1</sub> S.	C <sub>1</sub> F.	C <sub>3</sub> S.	C <sub>3</sub> F.	C <sub>4</sub> S.	C <sub>4</sub> F.	C <sub>6</sub> S.	C <sub>6</sub> F.
1	44.4	22.2	22.2	22.2	33.3	33.3	-	-	-	-
2	19.3	38.7	48.3	48.3	48.3	48.3	-	-	-	-
3	38.7	29.0	29.0	-	19.3	-	-	-	-	-
4	158.9	136.2	158.9	181.6	136.2	147.5	-	-	-	-
5	48.4	19.4	38.7	48.4	29.0	29.0	-	-	-	-
6	58.1	19.3	58.1	58.1	58.1	38.7	-	-	-	-
7	29.0	135.5	174.2	77.5	174.2	135.5	212.9	174.2	135.5	135.5
8	22.8	15.2	62.7	70.3	68.4	68.4	66.5	72.2	62.7	68.4
9	135.5	96.8	116.2	222.6	96.8	87.1	125.8	96.8	116.2	106.5
10	154.8	125.8	116.2	96.8	125.8	125.8	183.9	135.5	145.2	135.5
11	161.5	133.0	133.0	161.5	123.5	133.0	133.0	123.5	123.5	133.0
12	190.0	133.5	133.0	152.0	161.5	133.0	133.0	47.5	123.5	133.0
13	228.0	190.0	237.5	152.0	199.2	180.5	133.0	209.0	171.0	190.0
14	133.0	47.0	123.5	133.0	123.0	142.5	85.5	125.5	95.0	133.0
15	180.5	133.0	116.5	152.0	161.5	133.0	133.0	61.5	133.0	133.0

Tabla 12: Dureza total ( ppm de  $\text{CaCO}_3$  )

M/E	Af1.	Ef1.	C <sub>1</sub> S.	C <sub>1</sub> F.	C <sub>3</sub> S.	C <sub>3</sub> F.	C <sub>4</sub> S.	C <sub>4</sub> F.	C <sub>6</sub> S.	C <sub>6</sub> F.
1	80	60	50	70	70	60	-	-	-	-
2	116	120	120	120	140	140	-	-	-	-
3	120	120	80	90	90	140	-	-	-	-
4	110	100	90	70	80	100	-	-	-	-
5	110	120	90	110	110	70	-	-	-	-
6	40	100	100	60	50	110	-	-	-	-
7	260	100	130	60	80	50	180	170	210	180
8	260	200	310	180	120	160	180	140	180	190
9	150	100	400	480	490	450	600	490	600	610
10	80	70	80	90	70	110	120	100	90	110
11	110	80	100	80	80	80	110	110	70	80
12	120	60	80	80	60	140	80	80	90	60
13	90	140	40	140	140	80	70	100	90	100
14	90	100	90	90	170	80	70	60	70	70
15	140	80	70	80	90	110	100	90	90	80