



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

148  
BIBLIOTECA  
1995

FACULTAD DE CIENCIAS

LOS ROTIFEROS COMO POSIBLES  
INDICADORES DE CONTAMINACION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARIA DEL CARMEN SALGADO MEREDIZ



1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule  
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

LOS ROTIFEROS COMO POSIBLES INDICADORES DE CONTAMINACION

realizado por SALGADO MEREDIZ MARIA DEL CARMEN

con número de cuenta 7125521-9 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario DR. JOSE LOPEZ GARCIA

Propietario BIOL. MARTA DE LOS ANGELES GALVAN VILLANUEVA

Propietario M. EN C. DAIENE JIMENEZ RAMIREZ

Suplente BIOL. SABEL RENE REYES GOMEZ

Suplente M. EN C. ESTHER WILLIAMS GARCIA AMADOR

FACULTAD DE CIENCIAS  
Consejo Departamental de Biología

**CON TODO EL AMOR DEL MUNDO PARA MIS HIJOS:**

**PAULINA**

**DIANA MABEL**

**OSCAR ANDRES**

**A MI MAMA  
MAGDALENA MEREDIZ**

**A RENE  
INOLVIDABLE**

**A MIS HERMANOS**

AGRADEZCO DE MANERA MUY ESPECIAL A MI DIRECTOR EL DR. JOSE LOPEZ GARCIA, A LA M. EN C. ESTHER M. GARCIA AMADOR Y A LA BIOL. MA. DE LOS ANGELES GALVAN VILLANUEVA POR LA DIRECCIÓN DE ESTA TESIS, ASESORAMIENTO Y SOBRE TODO POR SU AMISTAD.

## INDICE

	página
<b>I. INTRODUCCION</b>	1
<b>II. ANTECEDENTES</b>	2
<b>III. JUSTIFICACION</b>	3
<b>IV. OBJETIVOS</b>	4
4.1 General	4
4.2 Particulares	4
<b>V. HIPOTESIS</b>	5
<b>VI. REVISION DE LITERATURA</b>	6
6.1 Características generales de los rotíferos	6
6.1 a. Clasificación	6
6.1 b. Diagnosis	7
6.1 c. Estructura externa	7
6.1 d. Pared corporal	8
6.1 e. Locomoción	9
6.1 f. Digestión	9
6.1 g. Excreción	10
6.1 h. Respiración	11
6.1 i. Sistema nervioso	11
6.1 j. Organos de los sentidos	12
6.1 k. Reproducción	12
6.1 l. Ciclo de vida	14
6.2 Descripción de la zona en estudio.	15
6.2 a. Localización geográfica	15
6.2 b. Clima	16
6.2 c. Geología	16

6.2 d. Suelos	16
6.2 e. Vegetación	17
6.3. Descripción de los puntos de muestreo	17
<b>VII. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>19</b>
<b>VIII. RESULTADOS</b>	<b>22</b>
<b>IX. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>	<b>39</b>
<b>X. CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>76</b>

## I. INTRODUCCION

El agua constituye el habitat natural de muchos y diversos organismos, constituye un elemento esencial para la vida misma, la explotación de recursos naturales y todas las actividades humanas.

Actualmente uno de los problemas que afronta nuestro país es el deterioro del medio ambiente que nos rodea, siendo el agua uno de los recursos que se ha visto seriamente afectado. Esto se debe, en gran medida a que los ríos y lagos han sido utilizados para depositar los residuos provenientes de las descargas tanto domésticas como industriales, provocando con ello, en mayor o menor medida, su contaminación.

Los contaminantes que van a parar a estos cuerpos de agua, degradan su calidad ya sea, haciendo desaparecer poblaciones deseables o acelerando la eutroficación (Robles, 1991).

Casi todos los animales acuáticos son sensibles a las condiciones físicas y químicas de su medio ambiente y a cualquier cambio que en él ocurra, por tal razón, la composición biológica de un cuerpo de agua es importante para juzgar sus propiedades (Goodnight, 1973).

En la relación tan estrecha entre las propiedades de un medio y los organismos que en él se desarrollan, se basa la posible utilización de estos organismos como indicadores de dichas propiedades y del grado en que son favorables o adversas a la vida de otros seres (Margalef, 1955).

Algunas especies pueden ser usadas para indicar la calidad del agua; la presencia de una especie establecida indica que las condiciones son adecuadas para ella y al mismo tiempo nos proporciona conocimientos acerca de la naturaleza del medio ambiente en el que se encuentra (Cairns, 1978). Las especies establecidas suministran evidencia de que al menos las mínimas condiciones para su supervivencia han sido satisfechas; la presencia de organismos acuáticos proporciona con frecuencia la mejor indicación de las condiciones de un cuerpo de agua (Goodnight, 1973).



## **II. ANTECEDENTES.**

La utilización de organismos indicadores de la calidad de agua se remonta a varias décadas atrás, con los trabajos de Myers en 1931 a 1937, que estudió particularmente la manera en que el pH determina la presencia o ausencia de ciertas especies de rotíferos en los cuerpos de agua. En 1955 Margalef efectuó estudios de los organismos indicadores en la limnología .

Los rotíferos han sido usados como indicadores de condiciones eutróficas en lagos europeos, por Thunmark, 1945; Berzins, 1949; Lillieroth, 1950; Jarnefet, 1952; Pejler, 1957, 1965 y, posteriormente Goodnigh en 1973, Cairns en 1978 y Gannon en 1978, otros han trabajado con organismos indicadores en lagos de Norteamérica y Canadá .

En México se han realizado varios trabajos en los que se utilizan a los invertebrados como indicadores de la calidad del agua como Rosas y col. en 1975, Armenta en 1978 y Hernández, Rossell, Reynoso en 1986 trabajaron con organismos indicadores en Xochimilco.

### **III. JUSTIFICACION.**

El agua es uno de los recursos naturales que se ha visto afectado por el proceso de la contaminación , la cual es preciso detectar a tiempo, con el fin de darle solución al problema.

Los análisis físicos y químicos son una herramienta muy útil y de fácil interpretación para evaluar la calidad del agua, no obstante, presentan ciertas limitaciones debido a que, en un momento dado, algún contaminante que se haya vertido en el agua, puede pasar desapercibido al no coincidir su emisión, con la toma de muestras para efectuar los análisis, quizá porque aquellos sean posteriores a la presencia del contaminante, el cual en el momento de efectuar la evaluación ya se haya diluido en el agua.

La utilización de los organismos como indicadores de la calidad del agua, representa un gran avance, ya que ellos pueden detectar contaminación intermitente que en muchas ocasiones puede ser pasada por alto en el programa de toma de muestras químicas.

La utilización de los rotíferos como posibles indicadores de contaminación obedece, a que son muy abundantes en el plancton, presentan rangos de reproducción y reorganización muy altos y en término generales se conoce que algunos géneros son altamente resistentes a condiciones extremas tales como desecación, baja tensión de oxígeno y abundante materia orgánica.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Determinar la calidad del agua en tres canales de Xochimilco: Caltongo, Fernando Celada y Cuemanco, empleando rotíferos como posibles indicadores de contaminación.

### **4.2 PARTICULARES**

Determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de tres canales de Xochimilco: Caltongo, Fernando Celada y Cuemanco.

Cuantificar y determinar los géneros de rotíferos en los tres canales de Xochimilco.

Relacionar la calidad del agua con la diversidad de rotíferos.

## **V. HIPOTESIS**

**“ En base a que el Lago de Xochimilco es un receptor de aguas residuales domésticas, se espera de los rotíferos una diversidad baja y una frecuencia elevada de individuos.”**

## VI. REVISION DE LITERATURA

### 6.1 Características generales de los rotíferos.

Los rotíferos son organismos microscópicos, descubiertos por Leeuwenhoek en 1703 (Grassé, 1976), pero inicialmente fueron confundidos y clasificados como ciliados (infusorios), y no fue, sino hasta 1812-1813 que Dutrochet reconoció a los rotíferos como un grupo de animales de estructura superior a protozoos y celenterados, con quienes se les relacionaba y se les clasificó como metazoarios pseudocelomados (Hyman, 1951).

Abundantes en el agua dulce, en donde han tenido su origen y obtenido su más grande abundancia y diversidad (Pennak, 1978), se les observa también en el agua salobre, en el mar y musgo húmedo; existen algunos comensales y otros son parásitos.

Los más primitivos son formas reptantes y los más evolucionados tienen vida pelágica, o bien, permanecen fijos de manera permanente (Grassé, 1976).

Los rotíferos son esencialmente microscópicos, el promedio de tamaño para el phylum es de 40 micras a 2.5 mm., pero la gran mayoría están entre 100 y 500 micras de longitud.

Se les llama rotíferos porque en algunas especies el extremo anterior en forma de disco ciliado presenta una semejanza ilusoria a un par de ruedas girando, debido al batido sincronizado de los cilios coronales.

La gran mayoría de rotíferos encontrados bajo condiciones naturales, son hembras; los machos se presentan solo en algunas especies y son mucho más pequeños que las hembras (Pennak, 1978).

#### 6.1 a. Clasificación.

Phylum	Rotatoria
Clase	Digononta
Orden	Seisonidea
Orden	Hdelloidea
Clase	Monogononta
Orden	Ploima
Orden	Flosculariacea
Orden	Collothecacea

### **6.1 b. Diagnosis.**

Los rotíferos se caracterizan como diminutos pseudocelomados, no segmentados que en el extremo anterior tienen una región ciliada o corona que se utiliza tanto para la alimentación, como para la locomoción. El cuerpo aparece dividido en cabeza provista de corona, tronco y región posterior llamada cola o pie; entre la cabeza y el tronco se advierte a veces un cuello (Meglitsch, 1978).

Tienen el cuerpo cubierto de una cutícula, una epidermis sincitial y musculatura organizada en bandas. Presentan tubo digestivo completo con boca anterior, faringe muy diferenciada provista de piezas móviles que actúan como mandíbulas, y una cloaca posterior a la que desembocan protonefridios con bulbos en llama terminales y el conducto reproductor femenino. El sistema nervioso es simple; en la mayor parte de sus cuerpos, los rotíferos carecen de células definidas, prevaleciendo la condición sincitial; no obstante, hay constancia del número de núcleos presente en los distintos órganos (Marshall, 1980).

Las hembras suelen producir dos tipos de huevo, unos que se desarrollan por partenogénesis y otros que requieren fecundación (Meglitsch, 1978). La segmentación es total e irregular, dividiéndose el huevo en macrómeros y micrómeros; la gástrula se forma por epibolia, no se conoce metamorfosis alguna en los rotíferos. La mayoría son ovíparos, pero algunos son vivíparos.

### **6.1 c. Estructura externa**

El cuerpo es alargado o sacular, relativamente cilíndrico y se puede dividir en una breve región anterior, un tronco largo, que forma la mayor parte del cuerpo y un pie terminal. El cuerpo está siempre cubierto por una cutícula bien definida, que presenta diversas ornamentaciones.

La parte anterior o cabeza puede ser ancha o estrecha y tiene el órgano característico del grupo, la corona, que está formada por cilios dispuestos en arreglos muy diversos, ya sea aislados o agrupados en estructuras llamadas cirros, membranelas o cerdas. Otras estructuras

cefálicas de los rotíferos incluyen el órgano retrocerebral y los ojos, cuyo número y localización varían; el órgano retrocerebral típico consta de un par de glándulas subcerebrales laterales, situadas por encima y por detrás del cerebro, y un saco retrocerebral medio que es drenado por un solo conducto que desemboca en el ápice de la cabeza.

El tronco alargado o sacular forma la mayor parte del cuerpo; la cutícula se engruesa con frecuencia para formar una cubierta llamada lóriga que puede estar dividida en placas o secciones parecidas a anillos y que generalmente tienen ornamentaciones. El tronco tiene tres pequeñas proyecciones llamadas antenas que presentan en la punta cerdas sensoriales.

La porción terminal del cuerpo, llamada pie, es mucho más estrecha que la región del tronco; en la región del pie suelen observarse de una a cuatro prolongaciones llamadas dedos que poseen glándulas pedales que se utilizan para la fijación al substrato.

#### **6. 1 d. Pared corporal**

La superficie general del cuerpo está cubierta con una cutícula que es segregada por una hipodermis sincitial; la hipodermis forma una delgada capa bajo la mayoría de la cutícula, pero en el extremo anterior es gruesa, acojinada y lobulada en el interior. En algunos rotíferos la cutícula es muy delgada y flexible, pero en muchos géneros, una porción de la superficie cuticular está engrosada, es más o menos rígida y se denomina lóriga.

Las fibras musculares son lisas y estriadas, las segundas, con frecuencia están asociadas con el rápido movimiento de espinas largas y apéndices especiales. Los músculos están siempre arreglados en pequeños grupos de fibras parecidos a franjas, nunca en extensiones aplanadas; el sistema de músculos circulares consiste de 4 a 15 bandas adheridas justo por debajo de la epidermis. Los músculos longitudinales son anteriores y posteriores; los anteriores tienen su inserción en la región coronal y sus orígenes cerca de la parte media del tronco; las bandas musculares longitudinales posteriores están insertadas en el pie o en la parte posterior del tronco.

Unos cuantos delicados músculos viscerales y cutáneo-viscerales ayudan a mover y a mantener a los órganos internos en su lugar.

### **6.1 e. Locomoción.**

Los movimientos a través del agua dependen en su mayor parte del batido de los cilios periféricos y muchas especies del plancton y limnéticas permanecen siempre en suspensión, sin estar nunca en contacto con substrato alguno. Tal locomoción es con frecuencia una combinación del enrollamiento del eje longitudinal y de un movimiento espiral del animal completo; algunos se mueven por saltos repentinos debido a los movimientos bruscos de batido de sus largos apéndices.

Otros rotíferos se desplazan por movimientos reptantes como sanguijuelas sobre objetos sumergidos en el fondo; los movimientos reptantes son ayudados por el pie y la región anterior adhiriéndolos alternadamente al substrato.

### **6.1f. Digestión.**

En los rotíferos sésiles y de nado libre, no predadores, los cilios coronales son de importancia primaria en la creación de corrientes que guían y concentran el perifiton suelto, pequeños organismos del plancton y detritos a la región de la boca; la gran mayoría de especies son omnívoras e ingieren todas las partículas orgánicas de tamaño apropiado.

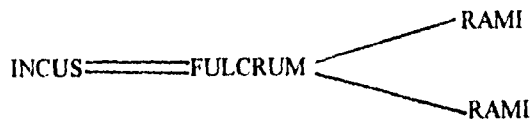
Las especies predatoras probablemente detectan su presa por contacto o por estímulos bioquímicos, se alimentan de otros rotíferos y de todo tipo de pequeños metazoarios.

La mayoría de los rotíferos tienen sistemas digestivos similares. La boca es típicamente ventral y usualmente rodeada por una parte de la corona; se abre en una faringe estrecha y ciliada que conduce a la cavidad del mástax, en el cual desembocan un número variable de glándulas salivales. La anatomía y la acción del mástax y su trofi, están ampliamente modificados de acuerdo a los hábitos alimenticios especiales.

La parte basal más grande del mástax consiste de pequeños músculos y el trofi esclerotizado. El trofi consiste de una pieza mediana y tres piezas pareadas laterales, todas ellas sujetas a variaciones en estructura y especialización.

FULCRUM: Es basal y medio, sirve como un accesorio para los dos RAMI; estas piezas forman colectivamente el INCUS





Los dos UNCI son usualmente dentados en grado variable y cada una de estas piezas está adherida lateralmente a un MANUBRIO, un UNCI y su MANUBRIO asociado forman colectivamente un MALLEUS

MALLEUS====UNCI - MANUBRIO

MALLEUS====UNCI - MANUBRIO

Así, el trofi consiste de un INCUS ( compuesto de un FULCRUM y dos RAMI), más dos MALLEUS (cada uno compuesto de un MANUBRIO y un UNCI).

Después de que el alimento ha sido macerado en el mástax, pasa al esófago, que puede ser largo o corto y se extiende hacia el estómago que es largo, de paredes delgadas y ciliado y es donde, al parecer ocurre la mayor parte de digestión y absorción; usualmente hay un par de glándulas gástricas en el margen anterior del estómago.

El intestino es muy pequeño, en ocasiones muy estrecho, de paredes delgadas y con frecuencia ciliado. La cloaca es corta y rara vez ciliada, se abre al exterior dorsalmente en la base del pie. La digestión es generalmente extracelular.

#### **6.1g. Excreción.**

La excreción se lleva a cabo por la acción de un sistema protonefridial que se encuentra formado de cuatro hasta cincuenta bulbos flamígeros arreglados simétricamente a lo largo del cuerpo; éstos están conectados a un tubo colector largo y convoluto, a cada lado; una parte del

tubo es de paredes delgadas y la otra las tiene gruesas y glandulares. Los dos tubos colectores desembocan dentro de una vejiga excretora que tiene un conducto muy corto que se une a la cloaca por la región ventral.

El exceso de agua y residuos metabólicos son absorbidos de líquido pseudocelómico por los bulbos flamígeros y las paredes de los conductos colectores, el batido de los penachos de cilios de los bulbos flamígeros crea una ligera corriente que facilita el transporte del fluido excretorio a través de los tubos hacia la vejiga que descarga su contenido hacia el exterior a través de la abertura cloacal.

#### **6. 1h. Respiración.**

La mayoría de los rotíferos litorales y planctónicos, normalmente tienen muy altos requerimientos de oxígeno, pero algunos géneros son capaces de soportar condiciones anaerobias o muy bajas concentraciones de oxígeno disuelto (0.1 a 1.0 ppm) por extensos periodos.

Los géneros limnéticos planctónicos, tales como *Asplanchna*, *Filinia*, *Polyarthra* y *Keratella*, comunmente se encuentran en el hipolimnion pobre en oxígeno.

Los rotíferos no presentan un aparato respiratorio como tal, pero el intercambio gaseoso se lleva a cabo por toda la superficie del cuerpo, sobre todo en las regiones en donde la cutícula es menos gruesa; los cilios coronales intervienen en la ventilación de la superficie del cuerpo.

#### **6. 1i. Sistema nervioso.**

El sistema nervioso de los rotíferos está representado por una masa grande de tejido nervioso que es el ganglio cerebral en forma de saco, o "cerebro", situado en la superficie dorsal del mástax y esófago y en ocasiones algo oscurecido por el sincitio hipodérmico de la corona. El cerebro está conectado con el nervio del mástax por medio de finas fibras nerviosas pareadas de posición ventral y con el ganglio caudal en la región del pie. Algunas fibras

conectivas adicionales y nervios asociados de cuerpos celulares inervan las áreas sensitivas, músculos y vísceras.

No existe un cordón nervioso como en otros invertebrados, las fibras nerviosas se presentan aisladas.

#### **6. 1j. Organos de los sentidos.**

Se presentan ojos a la altura del extremo inferior del cerebro que están constituido de una masa en forma de copa, de gránulos de pigmento rojo que contienen un glóbulo refringente; muchos rotíferos tienen dos manchas oculares frontales adicionales localizadas en la corona, una pequeña antena setosa de posición medio dorsal está presente y siempre es impar , en los Monogonont hay un par de antenas laterales en el tercio posterior del cuerpo y con frecuencia una diminuta antena caudal en la superficie dorsal del pie; en su corona hay penachos de cilios especiales, membranelas, setas y protuberancias sensitivas.

Existe un órgano retrocerebral cuya función es incierta pero se piensa que puede tener función sensitiva.

#### **6. 1k. Reproducción.**

Los Monogononta tienen un sistema reproductor simple, alargado, en forma de saco y en posición ventral. En el extremo distal del saco hay un pequeño ovario que consiste de una masa de oocitos en desarrollo; el vitelario es un sincitio con algunos núcleos grandes y ocupa la mitad o más de la capacidad del saco y conforme los huevos maduran se desplazan ligeramente y es cuando el vitelario descarga una gran cantidad de yema para el huevo, así que éste llega a ser relativamente grande. Después de la maduración los huevos pasan a través de un corto oviducto hacia la cloaca y abandonan el cuerpo materno a través de la abertura cloacal.

El sistema reproductor de los Bdelloidea es similar al de Monogononta , excepto que tiene forma de V o Y y tiene dos ovarios y dos vitelarios; los dos oviductos son muy delicados o rudimentarios.

Los machos son desconocidos en los bdelloideos y la reproducción es únicamente partenogenética. En los monogononta los machos se han descrito para la mayoría de las especies aunque hay algunos géneros en los que los machos nunca se han observado y es muy probable que también la reproducción sea por partenogénesis.

Los rotíferos Ploima tienen dos tipos de hembras que estructuralmente son indistinguibles pero producen diferentes tipos de huevos, las hembras que durante la mayor parte del año se reproducen por partenogénesis, se llaman AMICTICAS, todas las células corporales y los huevos que producen son amícticos y su número cromosómico es diploide y únicamente se reproducen por mitosis; el segundo tipo de hembra se llama MICTICA, tales hembras aparecen únicamente en épocas críticas del año, especialmente cuando hay cambios marcados en los factores del medio ambiente. Los huevos de una hembra mítica sufren la usual doble división meiótica y son por lo tanto haploides.

Las hembras míticas son capaces de ser fecundadas por los machos; si la fecundación ocurre, los huevos fertilizados (también llamados huevos de invierno o huevos de reposo) segregan una pared gruesa y altamente resistente a las condiciones adversas y dan origen a hembras amícticas. Si por alguna causa una hembra mítica no es fecundada deposita huevos que originan machos.

Las dos clases de hembras son distintas fisiológicamente y no intercambiables. Bajo condiciones naturales hay usualmente solo una o dos generaciones míticas por año, mientras que puede haber de 20 a 40 generaciones amícticas.

Los machos son diminutos, degenerados y de corta vida, miden aproximadamente un tercio de la longitud de la hembra; el tracto digestivo está ausente o es vestigial aunque algunas especies tienen un mástax y estómago, la boca y el ano nunca están presentes.

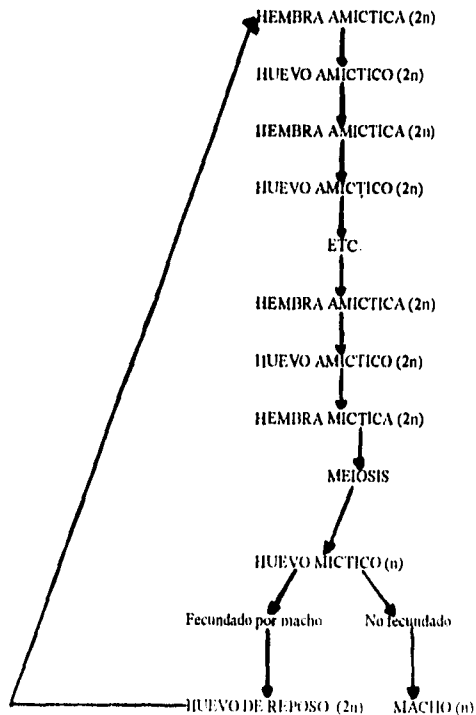
No tienen bien desarrollada la lóriga o espinas y la corona es siempre anterior y bien abastecida con cilios; son nadadores muy rápidos, nunca sésiles.

El sistema reproductor es simple y ocupa la mayor parte del pseudoceloma; el testículo tiene forma de pera o globo y está suspendido por un pequeño filamento que presume ser remanente del tracto digestivo. El vaso deferente es corto o largo y puede tener de dos a cuatro glándulas prostáticas asociadas; algunas especies no tienen verdadero pene, el vaso deferente es

evertido a través de un pequeño orificio ciliado durante la copulación. Otras especies tienen un pene bien desarrollado que es evertido continuamente y que a veces es más grande que el pie.

Los machos están listos para copular a la hora siguiente de haber nacido, son extremadamente activos, especialmente en presencia de hembras y nadan erráticamente en torno a ellas hasta que entran en contacto con alguna. La copulación y la transferencia de esperma se efectúan a través de la abertura cloacal de la hembra o a través de la pared del cuerpo y el macho muere inmediatamente después de esto. Si una hembra no es localizada los machos viven de dos a tres días.

### 6. II. Ciclo de vida.



## **6.2 Descripción de la zona en estudio.**

### **6. 2a. Localización geográfica.**

La zona en estudio comprende algunos canales del Lago de Xochimilco, ubicada dentro de la Delegación Xochimilco, situada al sureste del Distrito Federal, entre los paralelos 19° 09' y 19° 19' de latitud norte y los meridianos 98° 56' y 99° 09' de longitud oeste.

La cuenca hidrológica del Lago de Xochimilco forma parte de la gran cuenca de México. Esta es una delimitación hidrológica que contiene varias corrientes, desde su origen hasta su desembocadura entre los distintos lagos hoy extintos. Estaba integrada por varias cuencas menores, por donde drenaban las diferentes fuentes de agua que alimentaban a cada uno de los lagos entre los cuales figuraba el de Xochimilco. En la actualidad, las aguas del Valle de México drenan artificialmente hacia el Río Tula, en el Estado de Hidalgo, y dado el nivel de desecación del gran sistema lacustre regional, el de Xochimilco es prácticamente el único vaso lacustre que persiste con ciertas características de funcionamiento natural.

La zona norte de la delegación consiste de un terreno plano de origen lacustre que se encuentra a una altura promedio de 2240 m.s.n.m.; la extensa planicie que forma esta unidad, solo se interrumpe por afloramientos volcánicos aislados.

La zona sur de la delegación es de mayor extensión y se presentan los depósitos cuaternarios de la Sierra de Chichinautzin formados por derrames de lavas basálticas ubicados a una mayor altitud.

Actualmente el área de chinampas comprende 220 ha., en donde se ubican aproximadamente 2 000 canales con una extensión de 189 km.. A su vez el área se divide en zona chinampera y zona turística contándose con 8 embarcaderos de uso turístico que son : Belén, Caltongo, Cuemanco, Fernando Celada, Nativitas, Salitre, San Cristóbal y Zacada (D.D.F. s/f).

Por el ancho que presentan los canales se clasifican en : Primarios si miden entre 19 y 60 metros; Secundarios de 7 a 18 metros ; Terciarios de 3 a 6 metros y Cuaternarios de 1 a 2 metros.

#### **6. 2b. Clima.**

Por su ubicación (latitud y orientación) al sur del Distrito Federal y al pie de la Sierra del Chichinautzin, las variaciones ambientales de la delegación Xochimilco, en cuanto a precipitación, humedad y vientos es muy homogénea, de manera que la variación anual de la temperatura no es muy grande. Según García, 1988, el clima presente en la región se denomina, templado subhúmedo, con lluvias en verano, cuya precipitación pluvial es de 970 mm de promedio anual registrados en el vaso lacustre. Los meses de lluvia son de mayo a octubre y las heladas comienzan en octubre y terminan en marzo.

La temperatura media anual en la zona es de 16° C , con extremas de 9° C y 33° C.

#### **6. 2c. Geología.**

En la delegación de Xochimilco se presentan las siguientes unidades litológicas: Rocas volcánicas de andesitas y basaltos que constituyen la Sierra de Xochitepec situada al suroeste de la misma.

Al noreste de la delegación se localiza la Sierra de Santa Catarina, la cual se forma esencialmente por potentes acumulaciones de material piroclástico constituidos principalmente por arena, ceniza y pequeñas interdigitaciones de derrames lávicos basálticos.

En toda la parte sur de la delegación se presentan los depósitos cuaternarios de la Sierra de Chichinautzin formados por derrames de lavas basálticas y andesíticas, así como acumulaciones de brechas, arenas y cenizas provenientes de conos volcánicos y bocas de explosión y emisión situadas en la zona sur del área (Mooser, 1961).

#### **6.2d. Suelos.**

Por su génesis los suelos de esta región se identifican por zonas: La primera corresponde a aquellos sitios en donde la roca madre se está intemperizando y erosionando, es decir, en las áreas cubiertas por pedregales de lava y en los macizos montañosos. La segunda en aquellos sitios en donde se lleva a cabo la transportación y acumulación de materiales,

desarrollándose capas de suelo en el que es posible distinguir ya varios horizontes, ubicándose principalmente en la base de laderas, cerros y piedemonte. Una última zona que es donde se lleva a cabo la sedimentación, en los terrenos de menor pendiente y que corresponden al área lacustre. Los suelos de la región son de origen volcánico y se han clasificado fundamentalmente andosoles en las partes montañosas, regosoles y litosoles en las áreas de derrames lávicos, cambisoles en las laderas medias, feozems en las partes bajas sin problemas de inundación, gleysols en las zonas inundadas y solonchak en áreas con acumulación de sales. Son suelos ricos en materia orgánica y con alto contenido de nitrógeno, fijación de fósforo y pH ácidos.

### **6. 2e. Vegetación.**

Al borde de cada chinanpa es factible encontrar al sauce *Salix bompladiana*, comunmente llamado huejote o ahuejote, que representa la vegetación arbórea típica de este lugar.

La vegetación acuática se encuentra representada por las siguientes especies: *Eichhornia crassipes* o lirio acuático; *Ceratophyllum demersum* L. romerillo; *Lemna gibba*, aclazole o chichicaztle; *Lemna sp.* o lentejuela; *Cyperacea sp.* ashal o zacaltule; *Typha domingensis* Pers. tule; *Polygonum amphibium* y *Polygonum hydropiperoides*, a estas dos especies indistintamente se les denomina chilillo; *Berula erecta* (Huds), berro; *Hydrocotyle sp* u ombligo de venus (González, 1991).

### **6.3. Descripción de los puntos de muestreo.**

**Canal de Caltongo:** este lugar se encuentra localizado cerca del embarcadero Caltongo, de ahí a que lleve su nombre, es un canal angosto que se utiliza para la circulación cotidiana de los habitantes de Xochimilco. Su ancho es de aproximadamente 4.5 metros y su profundidad promedio de 1.12 metros; presenta generalmente color verde pasto a verde brillante sin olor perceptible. Tiene muchas viviendas en torno a él las cuales descargan sus



residuos directamente en el canal, también se encuentran viveros de plantas de ornato y el turismo en este sitio está ausente.

**Canal Fernando Celada:** en este lugar aunque es un embarcadero, existe poco turismo y escasa circulación de trajineras; no existen viviendas a su alrededor ni zonas de cultivo, ni viveros, solamente algunos jardines. Su ancho es de 25 metros aproximadamente y la profundidad promedio de 2.04 metros.

Presenta en la mayoría de los casos un color café verdoso a café oscuro y en general carece de un olor perceptible.

**Canal Cuemanco:** este lugar se localiza en el entronque de los canales Cuemanco y Nacional fuera de la ruta turística; en sus alrededores existe gran cantidad de viviendas que arrojan sus residuos al canal, lo mismo, se observan animales como cerdos y perros que se bañan o circulan directamente por el canal. Paralela a este canal se encuentra la pista olímpica de remo y canotaje, pero no existe comunicación entre ambos pues los separan una distancia de 10 metros aproximadamente.

El ancho de este canal es de unos 30 metros y su profundidad promedio de 1.24 metros. El color predominante es el café a café oscuro y la mayoría de las veces se apreció un olor a estiércol.

## VII. MATERIALES Y METODOS.

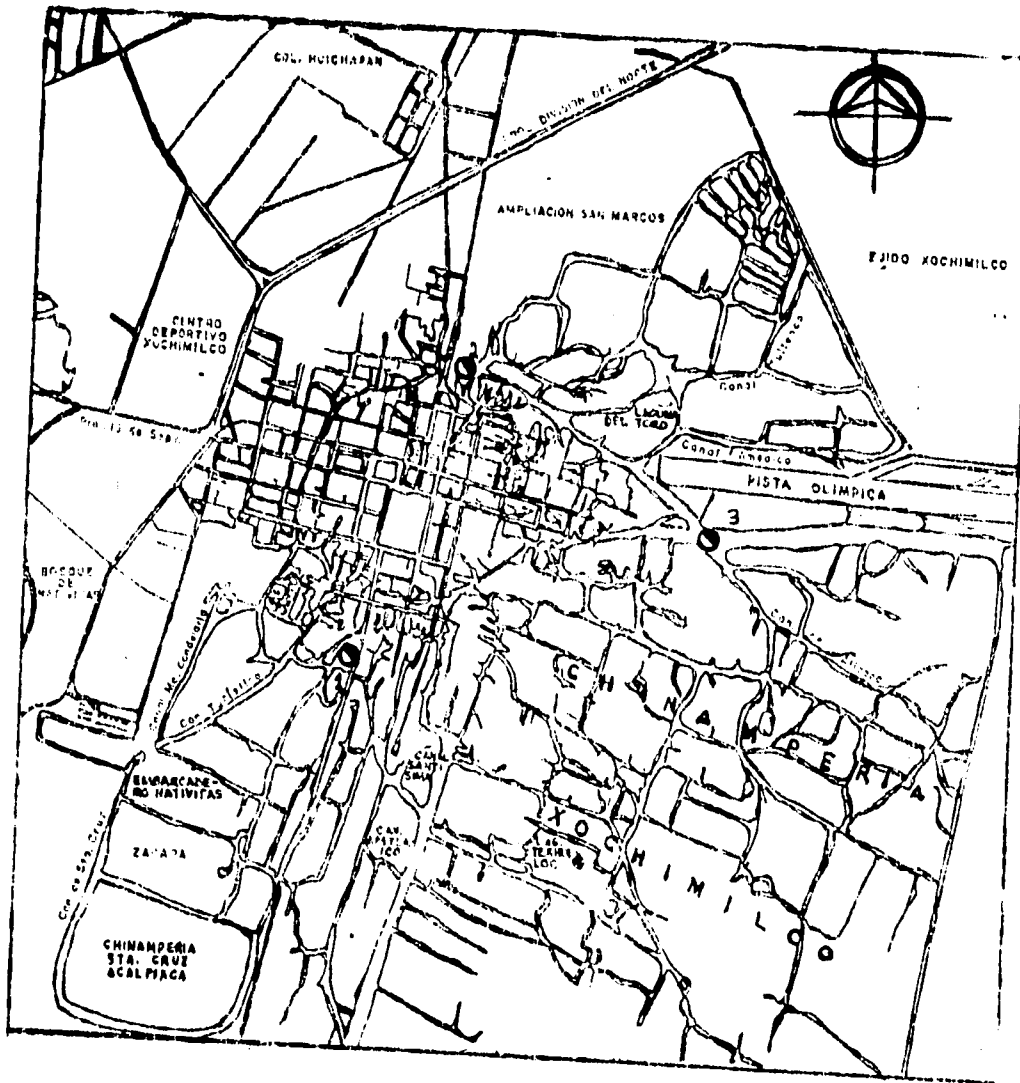
Se efectuaron seis muestreos en los meses de febrero, abril, mayo, junio, agosto y septiembre 1989; seleccionando tres canales del lago de Xochimilco que se encuentran situados en puntos equidistantes ( ver mapa).

La toma de muestras se hizo a la mitad de cada canal, empleando una lancha de paso y a una profundidad de 30 centímetros, llenando directamente los frascos de vidrio en los que quedaban almacenadas las muestras para su posterior manejo.

Se determinaron *in situ* los siguientes parámetros: temperatura ambiente, temperatura del agua, penetración de luz con el Disco de Secchi, profundidad, olor, color, pH, oxígeno disuelto y CO<sub>2</sub>, los cuales se determinaron en cada uno de los sitios de recolecta.

Las mediciones de temperatura se hicieron con un termómetro de mercurio; para la estimación de la transparencia se empleó el Disco de Secchi y para la profundidad una cinta métrica metálica (Schwoerbel, 1975).

Para medir el pH se utilizó un potenciómetro de campo marca Corning Modelo 7; el oxígeno disuelto se determinó empleando el Método de Winkler con la modificación de la azida de sodio, para lo cual se tomaron las muestras en botellas de DBO de 300 ml, en el caso del CO<sub>2</sub> se usó el Método Tritimétrico. Para los demás parámetros las muestras se transportaron al laboratorio en refrigeración para su tratamiento posterior; en las muestras para alcalinidad, dureza, DBO y bacterias coliformes se empleó solamente la refrigeración, no así para fosfato, nitratos y nitritos a los que se agregó 40 mg/l de Hg Cl<sub>2</sub> y refrigeración ; para la DQO, se agregaron 2 ml/l de H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, todas las muestras fueron recolectadas en botellas de cristal Pyrex. En la medición de la alcalinidad se empleó el Método de Titulación con indicador a la fenolftaleína y alcalinidad total al anaranjado de metilo; la dureza se efectuó como determinación de Dureza por titulación con EDTA, para dureza total. Las muestras para análisis de nutrientes se filtraron con Papel filtro Whatman del # 5, la determinación del fosfato se hizo con la Técnica del Acido Ascórbico, empleando un espectrofotómetro Spectronic 20, midiendo la absorbancia y/o transmitancia de cada muestra a 880 nm de longitud de onda con una fotocelda 1P40 y filtro rojo; el nitrógeno como nitritos (NO<sub>2</sub>) se determinó mediante la Técnica del Acido Sulfanílico, empleando para su lectura un Spectronic 20, seleccionando una



MAPA. SITIOS DE MUESTREO ①

1. CANAL CALTEPEC
2. CANAL FERNANDO DELADA
3. CANAL CLEMENTE

longitud de onda de 530 nm, con una fotocelda 5581, registrando la absorbancia y transmitancia y para nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) fue el Método del ácido fenildisulfónico en un Spectronic 20 con una fotocelda de 5581 a una longitud de onda de 450 nm en absorbancia y transmitancia. (A.P.H.A., 1963, 1985 y Muñoz, 1985).

Para la determinación de la  $\text{DBO}_5$  se utilizó el Método de la Dilución (A.P.H.A., 1985) recomendando por la SARH y aceptado por la NOM, 1981.

La Demanda Química de Oxígeno se evaluó utilizando el método del reflujo con dicromato de potasio empleando un aparato de reflujo Corning 5000, un condensador Corning 2360 y una parrilla eléctrica (A.P.H.A., 1985 y Robles, 1991).

En el análisis bacteriológico se utilizó la técnica del NMP, se efectuaron las pruebas presuntiva y confirmativa de coliformes totales con el medio de cultivo bilis verde brillante y coliformes fecales con medio EC (Burrows, 1974 y A.P.H.A., 1985).

Los muestreos y análisis biológicos se efectuaron sobre los rotíferos planctónicos, para la recolecta de los cuales se empleó una red de plancton de 19.5 cm de diámetro y una abertura de malla de 54 micras con una velocidad de arrastre de 10 cm/seg y un recorrido de 6 metros. Unas muestras se fijaron agregando gota a gota una solución de formol, hasta tener una concentración al 4%; los animales quedan primeramente narcotizados y al aumentar la concentración de formol, se fijan (Remane, tomado de Schwoerbel, 1975), esta técnica se utilizó con el fin de evitar que los organismos se contrajeran, lo cual dificultaría su determinación. Otras muestras se observaron en vivo utilizando microscopio estereoscópico y de contraste de fases marca Carl Zeiss, para tener un panorama más amplio de los organismos a estudiar; la determinación de los rotíferos se efectuó utilizando las claves de Edmonson, 1959, comparando los géneros determinados con Pennak, 1978.

Después de la determinación se procedió a realizar el análisis cuantitativo; el recuento de los organismos se llevó a cabo homogeneizando la muestra y tomando una alícuota de 3 cc, la cual se colocó en una caja de Petri pequeña a la cual se le hicieron previamente cuadrículas para facilitar el conteo (Cushing, 1961, Hopkins, 1962, tomado de Schwoerbel, 1975). Solo cuando las muestras eran muy abundantes en rotíferos se tomaba 1 cc.

Para el análisis cuantitativo se observaron las muestras en un microscopio estereoscópico Carl Zeiss y se anotaron los resultados para su posterior extrapolación.



TABLA 2. PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS DEL CANAL FERNANDO CELADA

	FEBRERO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Temp. atmos. °C	22	32	29	24.5	23.5	21.5
Temp. agua °C	16	22	22.5	22.5	22	20
Penetración de luz cm	37	49	30	20	31	29
Profundidad en metros	2	2	2.03	3	3.04	2.19
pH	6.9	7.45	8.27	7.76	7.45	7.47
Oxígeno disuelto mg/l	0	2.23	12.99	2.13	5.7	3.3
CO2 mg/l	0	17.97	2.99	34.95	21.97	19.97
Alcalinidad mg/l	343.35	487	390	433.4	615.25	535.8
Dureza mg/l	346	340	334	284	454	510
Ortofosfatos mg/l	2.22	2.3	2.19	2.27	1.9	1.92
Nitratos mg/l	18.2	12.3	6.7	96.4	2.1	11.75
Nitritos mg/l	0.56	0.08	1.74	64.1	0.6	7.4
DBO mg/l	5.51	8.27	11.37	7.26	4.03	7.24
DQO mg/l	174.69	84	172.48	91.17	129.46	118.32
Coliformes fecales nmp	2000	7000	70000	22000	170000	280000
Rotíferos totales ind/l.	9861	4750	63334	9333	249634	261333
Hora	15.34	13.07	13.06	12.5	14.02	12.55
Nubosidad	Escasa	Escasa	Muy escasa	Nublado	Muy abundante	Abundante
Color	Café verdoso	Café oscuro	Verde oscuro	Verde café	Verde café	Café oscuro
Olor	Azufre	No perceptible	No perceptible	No perceptible	No perceptible	No perceptible

TABLA 3. PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS DEL CANAL CUEMANCO

	FEBRERO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Temp. atmos. °C	22	31	30	21	20.5	21.5
Temp agua °C	16	24	24	21	20	20
Penetración de luz cm	37	45	34	30	24	29.5
Profundidad en metros	1.21	1.06	1.31	1.29	1.25	1.31
pH	6.8	7.76	8.14	7.43	7.31	7.26
Oxígeno disueltos mg/l	1	13.39	18.06	1.75	0.9	1.16
CO2 mg/l	0	17.97	5.99	29.96	39.95	20.97
Alcalinidad mg/l	656.25	488	410	371.8	575	524.4
Dureza mg/l	388	308	312	250	410	492
Ortofosfatos mg/l	2.18	2.24	2.17	2.17	1.93	1.71
Nitratos mg/l	12.2	31.7	20.3	4.97	8.31	40.4
Nitritos mg/l	4.2	12.4	7.4	1.56	3.2	18.4
DBO mg/l	7.7	10.36	15.61	7.26	10.84	6.6
DQO mg/l	78.94	100.16	133.28	85.01	108.62	100.22
Coliformes fecales nmp	9000	5500	2000	17000	140000	130000
Rotíferos totales ind/l.	46000	2333	115099	28719	184002	169667
Hora	16.3	14.16	14.2	14.05	15.07	13.53
Nubosidad	Escasa	Escasa	Escasa	Nublado	Abundante	Abundante
Color	Café	Café verdoso	V-Café oscuro	Café oscuro	Café	Café oscuro
Olor	No perceptible	Estiercol	Estiercol	Estiercol	Estiercol	No perceptible

TABLA 4. ROTIFEROS DE CALTONGO. INDIVIDUOS /LITRO.

GENEROS	FEBRERO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<i>Asplanchna</i>	1000	250	667	9000	1000	669
<i>Filinia</i>	3000	1000	2667	9750	667	8333
<i>Polyarthra</i>	13300	6187	8000	12000	4667	4670
<i>Brachionus</i>	16333	6000	6332	60000	3334	669
<i>Philodina</i>	1000	250	333	0	1667	2000
<i>Keratella</i>	667	1333	0	3000	17333	8334
<i>Epiphanes</i>	0	0	333	0	0	0
<i>Manfredium</i>	0	0	0	0	333	0
<i>Lindia</i>	0	0	0	0	333	0
<i>Gastropus</i>	0	0	0	0	0	333



TABLA 5. ROTIFEROS DE FERNANDO CELADA. INDIVIDUOS /LITRO.

GENEROS	FEBRERO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<i>Asplanchna</i>	2456	750	0	333	0	0
<i>Filinia</i>	1677	1250	1667	3000	124000	180000
<i>Polyarthra</i>	3000	2250	58000	3333	11657	10000
<i>Brachionus</i>	4001	0	3000	2667	68967	50000
<i>Philodina</i>	0	250	0	0	4000	3333
<i>Keratella</i>	404	0	0	0	40667	18000
<i>Epiphanes</i>	0	0	667	0	0	0
<i>Platyas</i>	0	250	0	0	333	0

TABLA 6. ROTIFEROS DE CUEMANCO. INDIVIDUOS/LITRO.

GENEROS	FEBRERO	ABRIL	MAYO	JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<i>Asplanchna</i>	333	0	0	2667	1333	3000
<i>Filinia</i>	20000	0	37333	667	80000	128000
<i>Polyarthra</i>	0	1333	41100	2000	23000	10000
<i>Brachionus</i>	25000	1000	1333	20000	52669	30000
<i>Philodina</i>	667	0	0	0	11000	333
<i>Keratella</i>	0	0	0	3385	13667	7000
<i>Epiphanes</i>	0	0	26333	0	0	0
<i>Platyas</i>	0	0	0	0	2000	0
<i>Ascomorpha</i>	0	0	9000	0	0	0
<i>Enteroplea</i>	0	0	0	0	333	0
<i>Levadella</i>	0	0	0	0	0	333

TABLA 7. DISTRIBUCION Y DENSIDAD DE ROTIFEROS PLANCTONICOS DE XOCHIMILCO

GENEROS	CALONGO	FERNANDO CELADA	CUEMANCO	TOTAL POR GENERO
<i>Asplanchna</i>	12586	3539	7333	23458
<i>Filinia</i>	25417	321594	266000	613011
<i>Polyarthra</i>	48824	88250	68433	205507
<i>Brachionus</i>	92668	128635	80002	301305
<i>Philodina</i>	5250	7583	12000	24833
<i>Keratella</i>	30667	59071	24052	113790
<i>Platyas</i>	0	583	2000	2583
<i>Epiphanes</i>	333	667	26333	27333
<i>Manfredium</i>	333	0	0	333
<i>Lindia</i>	333	0	0	333
<i>Gastropus</i>	333	0	0	333
<i>Ascomorpha</i>	0	0	9000	9000
<i>Lepadella</i>	0	0	333	333
<i>Enteroplea</i>	0	0	333	333
TOTAL	216744	609922	495486	

## VIII. RESULTADOS

**Temperatura atmosférica:** el resultado más bajo se encontró en el canal Cuemanco y fué de 20.5° C para el mes de agosto. La temperatura atmosférica más elevada se encontró en el Canal Fernando Celada de 32.0° C para el mes de abril (Tablas 1,2 y 3).

El promedio por Canal es de:

Canal Caltongo: 25.5° C

Canal Fernando Celada: 25.4° C

Canal Cuemanco: 24.3° C

El promedio más alto por estación se encontró en el Canal Caltongo y el más bajo es del Canal de Cuemanco.

El promedio por mes es:

FEBRERO: 22.5° C

ABRIL: 31.3° C

MAYO: 28.7°C

JUNIO: 24.0°C

AGOSTO: 22.3°C

SEPTIEMBRE: 21.7°C

El promedio por mes más alto se registró en abril 31.3°C y el más bajo en septiembre 21.7°C.

**Temperatura del agua:** la temperatura más baja que se registró fué en las tres estaciones para el mes de febrero de 16.0°C, la temperatura más alta que se registró fué en el Canal Cuemanco para los meses de abril y mayo fué de 24.0°C (Tablas 1, 2 y 3).

Promedios por canal:

Canal Caltongo: 19.8°C

Canal Fernando Celada: 17.2°C

Canal Cuemanco: 20.8°C

El promedio más bajo de temperatura del agua se registró en el Canal Fernando Celada y fué de 17.2°C y el promedio más alto en el Canal de Cuemanco y fué de 20.8°C.

Promedios por mes:

FEBRERO: 16.0°C

ABRIL: 22.0°C

MAYO: 22.2°C

JUNIO: 21.8°C

AGOSTO: 21.3°C

SEPTIEMBRE: 19.7°C

El promedio más alto se registró en mayo y fué de 22.2 °C y el más bajo lo encontramos en febrero de 16.0°C.

**Transparencia (penetración de luz) con el disco de Secchi:** la penetración de luz o transparencia medida con el disco de Secchi se comporta de la siguiente manera: la penetración de luz más baja se registró en Caltongo en el mes de febrero y fué de 16 centímetros y la más alta en Fernando Celada en abril con 49 centímetros (Tablas 1, 2 y 3),

**pH:** el pH más alto se registró en el Canal Caltongo en el mes de junio, fué de 8.4 el más bajo en Cuemanco en el mes de febrero y fué de 6.8 (Tablas 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Canal Caltongo: 8.00

Canal Fernando Celada: 7.55

Canal Cuemanco: 7.45

El más alto fué en Caltongo y el más bajo en Cuemanco.

Promedio por mes:

FEBRERO: 7.18

ABRIL: 7.78

MAYO: 8.15

JUNIO: 7.85

AGOSTO: 7.64

SEPTIEMBRE: 7.39

El pH es de ligeremante ácido (6.8) en solo una ocasión, hasta ligeramente alcalino (desde 7.26 en Cuemanco en septiembre, hasta 8.36 en Caltongo en junio).

**Oxígeno disuelto en mg/l:** (Tablas 1, 2 y 3):

Promedio por canal:

Caltongo: 5.07 m,g/l

Fernando Celada: 4.39 mg/l

Cuemanco: 6.04 mg/l

El promedio más alto encontrado por canal fué de 6.04 mg/l y corresponde al Canal Cuemanco y el más bajo fué de 4.39 mg/l en el Canal Fernando Celada.

Promedio por mes:.

FEBRERO: 1.41mg/l

ABRIL: 7.30 mg/l

MAYO: 11.83 mg/l

JUNIO: 1.94 mg/l

AGOSTO: 5.93 mg/l

SEPTIEMBRE: 2.58 mg/l

El oxígeno disuelto más alto se registró en el Canal Cuemanco, en el mes de mayo con 18.06 mg/l y el más bajo se registró en el Canal Fernando Celada en febrero con 0 mg/l.

**Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en mg/l:** encontramos que la concentración más baja de CO<sub>2</sub> la tenemos para los canales Fernando Celada y Cuemanco en el mes de febrero que fué de 0.0, en ambos casos, no se detectó, la concentración más baja de los tres canales que registraron bióxido de carbono se encontró en el Canal Fernando Celada en el mes de mayo, la más alta se encontró en Cuemanco en agosto (Tablas 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 16.45 mg/l

Fernando Celada: 16.308 mg/l

Cuemanco: 19.14 mg/l

El promedio más alto por canal se encontró en Cuemanco y el más bajo en Caltongo.

Promedio por mes:

FEBRERO: 5.65 mg/l

ABRIL: 14.64 mg/l

MAYO: 5.65 mg/l

JUNIO: 29.62 mg/l

AGOSTO: 25.63 mg/l

SEPTIEMBRE: 21.97 mg/l

El promedio por mes más bajo se encontró para febrero y mayo con 5.65 mg/l y el más alto es para junio con 29.62 mg/l.

**Alcalinidad en mg/l:** la concentración más baja la encontramos en el Canal Fernando Celada en el mes de febrero y es de 343.35; la más alta la encontramos en el Canal Cuemanco en febrero con 656.25 mg/l (Tablas 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 437.99 mg/l

Fernando Celada: 467.46 mg/l

Cuemanco: 504.24 mg/l

El promedio más bajo es para Caltongo con 437.99 y el más alto para Cuemanco con 504.24 mg/l.

Promedio por mes:

FEBRERO: 467.25 mg/l

ABRIL: 469.0 mg/l

MAYO: 402.66 mg/l

JUNIO: 402.96 mg/l

AGOSTO: 607.58 mg/l

SEPTIEMBRE: 469.93 mg/l

El promedio por mes más bajo lo encontramos en mayo y fué de 402.66 mg/l y el más alto lo encontramos en agosto con 607.58 mg/l.

**Dureza (mg/l):** la concentración más baja la encontramos en el Canal Cuemanco y es de 256 mg/l para junio y la más alta en Caltongo de 734 mg/l para septiembre (Tabla 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 469 mg/l

Celada: 378 mg/l

Cuemanco: 361 mg/l

El promedio más bajo por canal lo encontramos en Cuemanco y es de 361 mg/l y el más alto es de 469 mg/l para Caltongo.

Promedio por mes:

FEBRERO: 385.33 mg/l

ABRIL: 333.33 mg/l

MAYO: 320.0 mg/l

JUNIO: 294 mg/l

AGOSTO: 504.66 mg/l

SEPTIEMBRE: 578.66 mg/l

El promedio más bajo por mes corresponde a junio y fué de 294 mg/l y el más alto en septiembre y fué de 578.66 mg/l.

**Ortofosfatos en mg/l:** la concentración más baja la encontramos en Caltongo en el mes de septiembre y es de 1.2 mg/l y la más alta es en Fernando Celada en el mes de abril con 2.29 mg/l (Tabla 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 1.84 mg/l

Fernando Celada: 2.13 mg/l

Cuemanco: 2.05 mg/l

El promedio más bajo lo encontramos en Caltongo y fué de 1.84 mg/l y el más alto es de Fernando Celada con 2.13 mg/l.

Promedio por mes:

FEBRERO: 2.11 mg/l

ABRIL: 2.21 mg/l



MAYO: 2.14 mg/l

JUNIO: 2.14 mg/l

AGOSTO: 1.83 mg/l

SEPTIEMBRE: 1.60 mg/l

El promedio por mes más bajo lo tenemos en septiembre y es de 1.60 mg/l y el más alto es para abril con 2.21 mg/l.

**Nitratos mg/l:** la concentración de nitratos más baja la encontramos en el Canal Caltongo y es de 1.4 mg/l en el mes de abril y la concentración más alta se presentó en el mes de junio en el Canal Fernando Celada y fué de 96.4 mg/l. (Tablas 1, 2 y 3).

Promedio por Canal:

Caltongo: 9.21 mg/l

Fernando Celada: 24.57 mg/l

Cuemanco: 19.64 mg/l

El promedio más bajo por canal lo encontramos en Caltongo y el más alto en Fernando Celada.

Promedio por mes:

FEBRERO: 12.86 mg/l

ABRIL: 15.13 mg/l

MAYO: 11.4 mg/l

JUNIO: 35.85 mg/l

AGOSTO: 6.73 mg/l

SEPTIEMBRE: 24.88 mg/l

El promedio más bajo lo encontramos en agosto y el más alto en junio.

**Nitritos en mg/l:** la concentración de nitritos más baja la encontramos en Fernando Celada en el mes de abril y es de 0.08 mg/l y la concentración más alta es para Fernando Celada en el mes de junio y es de 64.1 mg/l. (Tablas 1, 2 y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 4.82 mg/l

Fernando Celada: 12.41 mg/l

Cuemanco: 7.86 mg/l

El promedio más bajo corresponde a Caltongo y el más alto a Fernando Celada.

Promedio por mes:

FEBRERO: 3.65 mg/l

ABRIL: 4.37 mg/l

MAYO: 3.56 mg/l

JUNIO: 22.95 mg/l

AGOSTO: 2.85 mg/l

SEPTIEMBRE: 12.8 mg/l

El promedio más bajo corresponde a agosto y el más alto para junio.

**DBO en mg/l:** la concentración más baja se encontró en Fernando Celada en el mes de febrero y fué de 5.51 mg/l, la más alta se encontró en Cuemanco y fué de 15.61 mg/l.(Tabla1,2y 3).

Promedio por canal:

Caltongo: 9.17 mg/l

Fernando Celada: 8.11 mg/l

Cuemanco: 9.72 mg/l

El promedio más bajo es para Fernando Celada y el más alto para Cuemanco.

Promedio por mes:

FEBRERO: 7.82 mg/l

ABRIL: 9.75 mg/l

MAYO: 12.78 mg/l

JUNIO: 7.26 mg/l

AGOSTO: 9.84 mg/l

SEPTIEMBRE: 6.57 mg/l

El promedio más bajo es para septiembre y el más alto para mayo.

**DQO en mg/l:** la concentración más baja de DQO en mg/l la encontramos en el Canal Caltongo y es de 24.0 mg/l en el mes de abril y la más alta en Cuemanco con 78.939 mg/l. (Tablas 1,2 y 3).

Promedio por Canal:

Caltongo: 127.56 mg/l

Fernando Celada: 128.34 mg/l

Cuemanco: 219.44 mg/l

El promedio más bajo lo encontramos en Caltongo con 127.56 mg/l y el más alto está en Cuemanco con 219.44 mg/l.

Promedio por mes:

FEBRERO: 386.17 mg/l

ABRIL: 69.38 mg/l

MAYO: 145.47 mg/l

JUNIO: 112.52 mg/l

AGOSTO: 116.06 mg/l

SEPTIEMBRE: 121.1 mg/l

El promedio más bajo lo encontramos en abril y es de 69.38 mg/l y el más alto lo tenemos en febrero con 386.17 mg/l.

**Coliformes fecales en NMP :** El número de coliformes fecales / 100 más bajo lo encontramos en Caltongo y Fernando Celada en el mes de febrero y en Cuemanco en el mes de mayo, fué de 2 000 nmp/100 y el número más alto en Caltongo y Fernando Celada en septiembre y fué de 280 000 nmp/100 (Tablas 1,2 y 3).

**Rotíferos totales individuos/l:** el valor más bajo se encontró en Cuemanco en abril y fué de 2 333 ind./l y el más alto en Fernando Celada en septiembre con 261 333 ind./l.

Los rotíferos encontrados representan a la comunidad planctónica y los géneros presentes son : *Asplanchna*, *Filinia*, *Polyarthra*, *Brachionus*, *Philodina*, *Keratella*, *Platyas*, *Epiphanes*, *Mamfredium*, *Lindia*, *Gastropus*, *Ascomorpha*, *Lepadella* y *Enteroplea*.

*Asplanchna*: se presenta durante todos los meses en el Canal de Caltongo (tabla 4 y gráficas 7-12). En Fernando Celada encontramos en febrero, abril y junio ( tabla 5 y gráficas 13,14 y 16). En Cuemanco se reportan para febrero, junio, agosto y septiembre ( tabla 6 y gráficas 19,22,23 y 24 ). El número total de *Asplanchna* para Caltongo fué de 12 586 , Celada de 3 539 y Cuemanco de 7 333.

*Filinia*: se encuentra durante todos los meses en Caltongo ( tabla 4 y gráficas 6-12), lo mismo que en Fernando Celada ( tabla 5 y gráficas 13-18 ) y en Cuemanco se encuentran en todos los meses a excepción de abril ( tabla 6 y gráficas 19, 21-24 ). El número total de *Filinia* es de 25 417 para Caltongo, 321 594 para Fernando Celada y 266 000 para Cuemanco.

*Polyarthra*: se presentó en Caltongo todos los meses ( tabla 4 y gráficas 7-12 ) y su número total fué de 48 824; en Fernando Celada se presenta en todos los meses ( tabla 5 y gráficas 13-18 ) con un número total de 88 250; en Cuemanco no se presenta en febrero, solo en los demás meses ( tabla 6 y gráficas 20-24 ) y el número total es de 68 433.

*Brachionus*: lo encontramos en Caltongo durante todos los meses (tabla 4 y gráficas 7-12) con un número total de 92 668; en Fernando Celada no lo encontramos en abril, pero estuvo presente en los meses restantes ( tabla 5 y gráficas 13, 15-18) con un total de 128 635. En Cuemanco se presentó durante todos los meses ( tabla 6 y gráficas 19-24) con un total de 80 002.

*Philodina*: en el Canal Caltongo no se presentó en junio, pero la encontramos en los demás meses ( tabla 4 y gráficas 7-9,11-12 ) con un total de 5 250; en Fernando Celada solo se encontró en abril, agosto y septiembre (tabla 5 y gráficas 14,17-18 ) con un número total de 7 583. En Cuemanco se encontró en abril, agosto y septiembre ( tabla 6 y gráficas 20,23-24 ) con un total de 12 000.

*Keratella*: la encontramos en la mayoría de los meses muestreados a excepción de mayo en Caltongo (tabla 4 y gráficas 7-8, 10-12 ), con un número total de 30 667; para Fernando Celada solo se encontró en abril, agosto y septiembre (tabla 5 y gráficas 14, 17-18 ) con un total de 59 071 y en Cuemanco se presentaron para junio, agosto y septiembre (tabla 6 y gráficas 22- 24) con un total de 24 052.

*Platyas*: no se encontró en Caltongo en ninguno de los meses ( tabla 4 ); en el canal Fernando Celada se presentó en abril y agosto (tabla 5 y gráficas 14 y 17) con un total de 583. En Cuemanco solo se encuentra en agosto (tabla 6 y gráfica 23 ) con un total de 2 000.

*Epiphanes*: este género estuvo en el canal Caltongo en mayo (tabla 4 y gráfica 9 ) con 333 individuos. En Fernando Celada lo encontramos en mayo (tabla 5 y gráfica 15 ) con 667 individuos, en Cuemanco también se presenta en mayo (tabla 6 y gráfica 21 ) con 26 333 individuos.

*Manfredium*: se encontró únicamente en el Canal Caltongo en agosto (tabla 4 y gráfica 11 ) con 333 individuos.

*Lindia*: se encontró solamente en Caltongo en agosto con 333 individuos (tabla 4 y gráfica 11).

*Gastropus*: se encontró solamente en Caltongo en septiembre con 333 individuos ( tabla 4 y gráfica 12).

*Ascomorpha*: se encontró exclusivamente en Cuemanco en el mes de mayo ( tabla 6 y gráfica 21 ) con un total de 9 000 individuos.

*Enteroplea*: lo encontramos en Cuemanco en agosto (tabla 6 y gráfica 23 ) con un número de 333 individuos.

*Lepadella*: se encontró en Cuemanco en septiembre (tabla 6 y gráfica 24) con 333 individuos.

## **IX. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS:**

En los canales de Xochimilco se depositan aguas negras de forma continua e intermitente, el volúmen total de las aguas negras tratadas y sin tratar son del orden de 173 000 m<sup>3</sup>/día formados por 172 800 m<sup>3</sup> provenientes de la planta de tratamiento de aguas negras del Cerro de la Estrella, 72 m<sup>3</sup> de las descargas continuas (provenientes del Barrio la Concepción Tlacoapa, Barrio la Asunción y Barrio la Santísima) y 55.95 m<sup>3</sup> de las descargas de aguas negras intermitentes, las cuales son depositadas en los canales de Xochimilco (Documento de la S.A.R.H. ,1978).

### **Temperatura del agua:**

El ciclo biológico y los procesos naturales de muchos organismos acuáticos se hallan estrechamente relacionados con la temperatura del agua. El aumento del calor incrementa la temperatura de las aguas naturales, resultando una disminución de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. (Stocker, 1981).

La temperatura que presenta el agua durante los muestreos está directamente relacionada con la temperatura ambiente y ésta, con la estación del año, encontrándose en invierno las temperaturas más bajas y en primavera las más altas disminuyendo un poco hacia el verano; asimismo la variación de temperatura que existe en los tres sitios de muestreo se debe a la diferencia de horario ( Tablas 1, 2 y 3) entre la toma de las muestras ( Gráfica 1).

En base a la poca profundidad que presentan los canales es posible que la temperatura no varíe mucho y no se forma termoclina. En los lagos poco profundos, bien expuestos al viento, se verá que las temperaturas son prácticamente constantes desde la superficie hasta el fondo, variando normalmente menos de 2° C. Esta uniformidad en la temperatura indica que las aguas están totalmente mezcladas (Valentyne, 1978).

La temperatura máxima permisible, de acuerdo al Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, es la de condiciones naturales, más 2.5 ° C y máximo 30° C excepto cuando sea causada por condiciones naturales y medida en la superficie fuera de la zona de mezclado, la cual se determinará de acuerdo con las características de la descarga.

Los valores encontrados en los tres canales a lo largo de los muestreos están dentro de los valores permisibles para la Clase D II, agua adecuada para uso regresivo, conservación de flora, fauna y usos industriales.

#### **Transparencia:**

La penetración de luz se ve a menudo limitada por materiales en suspensión que reducen la zona fotosintética; por consiguiente, la disminución de este parámetro en el agua constituye a menudo un factor limitativo importante, e inversamente cuando la turbidez es producto de organismos vivos, las mediciones de transparencia se convierten en índices de productividad (Odum, 1972).

Se encontraron fluctuaciones en los valores de visibilidad al Disco de Secchi espacial y temporalmente, por las diferentes descargas de residuos, principalmente domésticos (SARH, 1978 y Robles, 1971) ( Gráfica 2).

#### **pH:**

La concentración de los iones de hidrógeno o pH se relaciona íntimamente con el complejo del bióxido de carbono; el pH del agua es una función del contenido de CO<sub>2</sub> disuelto, el cual es reducido alternativamente por la fotosíntesis y aumentado por la respiración (Odum, 1972).

Como se puede observar (Gráfica 3), el pH encontrado es similar en los tres canales, a excepción del mes de febrero en Fernando Celada y Cuemanco.

Tienden a ser aguas de tipo alcalino por el aporte de sales provenientes de los residuos vertidos en los canales (Robles, 1991)

#### **Oxígeno Disuelto:**

El oxígeno disuelto es una necesidad fundamental para las vidas de las poblaciones animales y vegetales, en cualquier cuerpo de agua. Se considera que el agua está contaminada cuando la concentración de O.D. está por debajo del nivel necesario para mantener una biota normal para tal agua (4 mg/l según Stocker, 1981). Por tal razón se puede mencionar que en la

mayoría de los casos y en este parámetro, los canales de Xochimilco que se muestrearon presentaron contaminación, ya que el nivel de O.D. fué menor de 4 mg/l .

Los valores altos de O.D. se deben a varios factores como la penetración de luz, que es de máxima importancia en la producción fotosintética de oxígeno (Odum, 1972), así como al aumento de difusión del oxígeno debido al viento que permite movimiento en el agua. Se observa en la mayoría de las veces, que cuando el oxígeno es bajo el CO<sub>2</sub> se presenta alto y viceversa, esto se debe a que el O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> se comportan por lo regular con reciprocidad (Op. Cit.) (Tablas 1, 2 y 3).

#### **DBO:**

La DBO es un descriptor de contaminación por materia orgánica ampliamente usado, y en México, el Método de la Dilución, que se encuentra en la NOM-AA, 28 de 1981, se emplea; según estas normas los resultados obtenidos en los muestreos para los tres canales de Xochimilco que se estudiaron caen dentro del intervalo (Aguas superficiales contaminadas con una DBO<sub>5</sub> de 5 a 20 mg/l) (Robles, 1991).

#### **DQO:**

Las condiciones oxidantes más severas en la determinación de la DQO hacen que normalmente se obtengan resultados superiores a los de las pruebas de DBO efectuadas en las mismas muestras; ello se debe a que algunas materias orgánicas totalmente oxidadas en la prueba de DQO solo son debilmente degradadas por los microorganismos en la prueba de DBO (Stocker, 1981).

Las concentraciones encontradas de DQO son altas y están en relación con la cantidad de materia orgánica presente en las aguas de los canales de Xochimilco.

En la Gráfica 4, observamos el comportamiento general del O.D., DBO<sub>5</sub> y DQO, presentando variaciones significativas en espacio y tiempo, debidas a los afluentes de aguas residuales y domésticas incorporadas en el medio, lo que aumenta considerablemente las concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos y sales inorgánicas (Armenta, 1978 y Reynoso, 1986).



### **CO<sub>2</sub>:**

El comportamiento del bióxido de carbono durante los muestreos proviene de la interacción de la temperatura, fotosíntesis algal, respiración y metabolismo de las bacterias.

El incremento en la temperatura acelera la descomposición bacteriana y la respiración, así como el consumo del bióxido de carbono por las algas y disminuye su solubilidad en el agua (Wetzel, 1975).

El bióxido de carbono presente en los canales de Xochimilco durante los muestreos, no presentó concentraciones elevadas, fué de 0 a menos de 40 mg/l (Gráfica 3). El bióxido de carbono está presente en el agua en cantidades muy variables, su ecología no se conoce tan bien y por consiguiente resulta difícil determinar su papel como factor limitativo (Odum, 1972).

### **Alcalinidad:**

La alcalinidad de las aguas se refiere a la cantidad y clase de compuestos presentes que colectivamente trasladan el pH al lado alcalino de la neutralidad. La propiedad de alcalinidad se debe principalmente a la presencia de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos (OH<sup>-</sup>), y con menor frecuencia a boratos, silicatos y fosfatos (Wetzel, 1975).

A un pH alcalino, el CO<sub>2</sub> entra en combinación química con el agua para formar carbonatos y bicarbonatos (Odum, 1972).

La alcalinidad encontrada en los tres canales muestreados es alta (Gráfica 5) y se debe en su totalidad a la presencia de bicarbonatos (A.P.H.A., 1980). Lo anterior está de acuerdo con el pH registrado durante los muestreos (Gráfica 3), cuando los valores de pH están entre 7 y 8, corresponden proporciones de 75 a 95% de bicarbonatos dentro del sistema CO<sub>2</sub> - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (Margalef, 1955).

Los carbonatos y los bicarbonatos proporcionan una fuente de elementos nutricios y actúan como amortiguadores, ayudando a mantener la concentración de iones de hidrógeno de los medios acuáticos, cerca del punto neutro (Odum, 1972) y gracias al elevado contenido en bicarbonatos, el agua de nuestro sistema presenta casi siempre valores de pH cercanos a la neutralidad (Gráfica 3).

**Dureza:**

La dureza se emplea como una valoración de la calidad de los suministros de agua.

La dureza del agua está gobernada por el contenido de sales de calcio y magnesio en combinación con bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros y otros aniones (Wetzel, 1975).

La dureza total que se presenta en los canales muestreados se comporta poco heterogéneamente ya que se encuentra en el rango de aguas muy duras, más de 300 mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , en la mayoría de los muestreos (Gráfica 5) ; pero en los canales Fernando Celada y Cuemanco para el mes de junio se presenta el agua dura hasta 300 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  (E.P.A., 1976).

**Ortofosfatos:**

Se considera que las aguas residuales domésticas son una fuente importante de nutrientes y en particular de fósforo (Stocker, 1981).

En el caso particular de los tres canales muestreados se pudo observar que en dos de ellos (Caltongo y Cuemanco) se efectúan descargas intermitentes, ya que son canales que colindan con áreas urbanas y hay descargas provenientes de casa-habitación que carecen de servicio de alcantarillado.

En la Gráfica 6 se observa ortofosfatos, los cuales presentan poca variación en los sitios de muestreo, sobre todo, en los meses de invierno, primavera y principios de verano; en los meses de lluvia más fuertes (Tablas, 1,2 y 3) los ortofosfatos disminuyen por el factor dilución de las lluvias en los canales (Galván, V.A, comentario personal).

Existe por lo tanto una relación estrecha entre la proporción de materia orgánica que es especialmente elevada en las aguas impuras por vertidos residuales y las altas concentraciones de ortofosfatos encontrados.

Del mismo modo las aguas residuales poseen altas concentraciones de detergentes y se acepta que su uso es el causante del 50% de los fosfatos presentes en las aguas residuales. (Stocker, 1981).

### **Nitratos:**

El aporte de nitratos lo tenemos por el filtrado del agua a través del suelo, que lixivia los nutrientes solubles de las plantas; gracias a que el anión nitrato es bastante móvil a causa de la carga predominantemente negativa de las partículas de la tierra, de forma que se lixivia con facilidad si no lo absorben las plantas (Mason, 1984).

Además, la lluvia aporta grandes cantidades de nitratos producto de la combustión de derivados del petróleo (Stocker, 1981); las descargas eléctricas durante las tormentas transforman el nitrógeno atmosférico en nitratos y nitritos (Margalef, 1955).

Otra fuente importante de nitratos son las excretas de animales agrícolas que contienen grandes cantidades de sustancias nitrogenadas susceptibles de convertirse en nitratos. Según Nye en 1973 y Gilbertson et al en 1970 comprobaron que la concentración total de nitrógeno en distintos arrastres pluviales oscilaba entre cerca de 50 y más de 5 500mg/l.

Como se observa en la Gráfica 6, en junio se presenta una concentración muy elevada de nitratos en el Canal Fernando Celada, esto se debe a que al haber una gran cantidad de materia orgánica, los organismos nitrificantes en presencia de oxígeno actúan sobre el amoníaco que resulta de la descomposición de las proteínas para transformarlas en nitratos (Margalef, 1955).

Lo anterior se aplica en general a los tres canales estudiados, sin embargo, en el Canal Fernando Celada el agua está más estancada que en los otros sitios observados, no hay corrientes y casi no existe circulación de trajineras y por tal razón los nitratos son elevados. En Caltango uno de los principales aportes de nitratos son los fertilizantes, ya que a los alrededores de ese canal se encuentran viveros donde se cultivan plantas de ornato.

En Cuemanco, el principal aporte es el vertido de aguas residuales de las casas habitación que están al lado del canal, así como, la gran cantidad de animales que crían los habitantes del lugar (cerdo, perros y gallinas).

En septiembre (mes lluvioso) se observan altas concentraciones de nitratos, al igual que en abril (empiezan las lluvias).

De manera general el comportamiento del nitrato fué muy heterogéneo en los diferentes meses para los tres canales muestreados.

Los nitratos en el suelo y en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural, por microorganismos, de materiales nitrogenados orgánicos como las proteínas de las plantas, animales y excretas animales (PNUMA-OMS, 1980).

#### **Nitritos:**

Los nitritos son muy abundantes en la atmósfera, gracias al uso excesivo de combustibles procedentes del petróleo y entran a las aguas naturales a través de la lluvia, también el suelo tiene gran capacidad para extraer los nitritos del aire; del suelo se lixivian al agua (Stocker, 1981). El nitrito es un tóxico muy peligroso.

Los nitritos son un paso previo en la formación de nitratos, que en presencia de  $O_2$  se oxidan rápidamente y se convierten en nitratos; los nitritos se encuentran en menor proporción que los nitratos. La relación entre la concentración de nitratos y nitritos es muy estrecha.

El comportamiento del nitrito (Gráfica 6) fue muy heterogéneo durante todos los meses y para los tres canales presentándose en concentraciones menores a las de nitratos.

En el medio ambiente (aguas superficiales y suelo) se pueden formar iones nitrato y nitrito a base del ión amonio según un proceso de oxidación biológica (nitrificación) en dos fases, mediadas por distintos microorganismos como son *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* que obtienen casi toda su energía de la oxidación de nitritos. Sin embargo, por cuanto el nitrito se oxida fácilmente a nitrato, la concentración de nitritos en medios ambientales como las aguas superficiales, suele ser baja (ceca de 1 mg/l), incluso cuando la concentración de nitrato es elevada (50-100 mg/l). Aunque la presencia natural de nitratos y nitritos en el ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo común los nitritos solo se encuentran en bajísimas concentraciones. Las concentraciones de nitratos y nitritos en aguas superficiales y subterráneas registran variaciones dentro de límites amplios, según las condiciones geoquímicas, los procedimientos de evacuación de desechos humanos y animales, el grado de utilización local de fertilizantes agrícolas nitrogenados, y las descargas industriales de compuestos nitrogenados (PNUMA-OMS, 1980).

### **Coliformes fecales:**

Para poder evaluar la calidad del agua se hicieron análisis microbiológicos que consistieron en la determinación de bacterias coliformes totales y fecales; debido a que existe un gran número de organismos coliformes en las heces humanas, las convierte en excelentes indicadores biológicos de contaminación (Fair, 1981). Emplear a los coliformes fecales, como indicadores de contaminación es mejor que emplear las coliformes totales debido a que existen varios tipos de bacterias coliformes que no son de origen fecal y se pueden multiplicar también en aguas sin contaminar (Mason, 1984).

Por tal razón se decidió hacer la evaluación microbiológica de la calidad del agua en base a las coliformes fecales (Fair, 1981 y Mason, 1984).

Los diferentes valores de coliformes fecales se deben cuando son bajos a que las descargas fecales no son recientes, ya que los coliformes fecales son moradores naturales del intestino humano y no encuentran condiciones ambientales apropiadas en las aguas naturales para la multiplicación y de hecho, empiezan a morir rápidamente (Stocker, 1981), los valores altos nos indican que las descargas fecales son recientes.

El número más elevado de coliformes fecales lo encontramos en el canal Caltongo (Tablas 1, 2 y 3), gracias a que se vierten las descargas domésticas y además de presentar una corriente muy lenta, por lo que es difícil la dilución de los residuos.

La aparición de bacterias coliformes fecales en los muestreos realizados nos indican que el agua de Xochimilco es receptor de aguas negras.

De acuerdo al Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas, en la Clasificación de las Aguas de los Cuerpos receptores Superficiales en Función de sus usos y características de calidad, se menciona que el límite máximo de bacterias coliformes NMP (organismos/100 ml), es de 10 000 coliformes totales como promedio mensual, ningún valor mayor de 20 000 y 2 000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4 000; en los muestreos efectuados se determinaron las coliformes totales, solo se reportaron las fecales por lo antes mencionado, y de acuerdo a las tablas 1, 2 y 3 el número de coliformes fecales excede prácticamente en todos los casos el número máximo permisible, a excepción de febrero para los Canales Caltongo y Fernando Celada y para mayo

en Cuemanco, esto da como resultado que el Agua de este cuerpo receptor pertenezca a la Clase D II: agua adecuada para uso regresivo, conservación de flora y fauna y usos industriales.

#### **Rotíferos :**

Se trabajó sobre los géneros de rotíferos planctónicos, ya que diversos estudios han revelado que el zooplancton tiene valor potencial como evaluador de condiciones tróficas por que responden rápidamente a los cambios medioambientales y pueden ser indicadores efectivos de alteraciones <sup>útiles</sup> en la calidad del agua.

El zooplancton, especialmente los rotíferos son muy abundantes en la zona limnética de aguas eutróficas; durante muchas décadas se han efectuado investigaciones donde se han observado algunos cuerpos de agua que presentan una gran relación entre la composición de las especies de rotíferos y los cambios en la calidad del agua (Gannon, 1978).

Las tasas reproductivas de los rotíferos están muy relacionadas con la temperatura, así como, a la calidad y abundancia del alimento. Estos factores son de gran importancia en análisis de fluctuaciones estacionales en las poblaciones (Wetzel, 1975).

Como se puede observar (tabla 1,2 y 3) los rotíferos están presentes durante todos los meses de los muestreos, aunque se observan con mayor frecuencia en los meses de primavera y verano; pero su comportamiento es muy heterogéneo con respecto a la temperatura ya que podría esperarse que a mayor temperatura mayor número de rotíferos, por lo que se deduce que los cambios en la abundancia de los géneros encontrados no involucran únicamente a la temperatura, sino a los efectos combinados de la variación medioambiental (King, 1972).

Normalmente la mayoría de los rotíferos planctónicos tienen muy altos requerimientos de oxígeno, no obstante, algunos géneros son capaces de soportar condiciones anaerobias por cortos periodos de tiempo y muy bajas concentraciones de oxígeno disuelto (0.1 a 1.0 ppm) por extensos periodos (Pennak, 1978 y Margalef, 1983). *Asplanchna*, *Filmia*, *Polyarthra* y *Keratella* se encuentran comunmente en el hipolimnion que es pobre en oxígeno, asimismo, los filtros de escurrimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales y fondos lodosos oxígeno-deficientes, contienen especies de *Lecane*, *Monostyla* y *Lepadella* (op.cit.). En los resultados se observan variaciones en las concentraciones de oxígeno disuelto (Tabla 1,2,3 y gráfica 4) y sin embargo observamos la presencia de rotíferos durante todo el tiempo en que se

efectuaron los muestreos en los tres canales estudiados. Esto nos indica que efectivamente los rotíferos se desarrollan adecuadamente con cantidades elevadas de oxígeno, pero que pueden también resistir muy bajas concentraciones del mismo, en particular los géneros encontrados durante el desarrollo del presente trabajo, lo cual está de acuerdo a lo que reporta la bibliografía. (Wetzel, 1975).

Se ha demostrado (Harring y Myers, 1928) que existen correlaciones entre el pH de un cuerpo de agua y la composición de su fauna de rotíferos planctónicos. En general las aguas alcalinas contienen relativamente pocas especies, pero un gran número de individuos, mientras que las aguas ácidas presentan gran número de especies y pocos individuos; esto no significa que la concentración del ión hidrógeno sea por sí mismo un factor gobernante en la distribución ecológica, ya que el pH es el reflejo de un complejo de variables físicas y químicas, y actualmente, el factor limitante puede ser uno o más de estas variables ecológicas, como por ejemplo las sales disueltas totales, calcio y bicarbonato, se ha sugerido que son fundamentalmente importantes (Pennak, 1978).

El pH que presentaron los canales muestreados es alcalino, a excepción de febrero para Fernando Celada y Cuernanco; la relación que se presenta con los rotíferos planctónicos está de acuerdo al comportamiento del pH, alcalinidad y dureza (Tablas 1,2,3 y gráficas 3 y 5) que se registraron en el agua de los canales de Xochimilco. Se encontraron bien representaron pocos géneros de rotíferos con una gran cantidad de individuos.

El pH 7.0 no significa una línea divisoria tajante entre especies de aguas ácidas y alcalinas, ya que organismos alcalinos se pueden encontrar en un pH tan bajo como 6.9 ó 6.8, esto explica la presencia de los géneros encontrados a un pH inferior a 7.0 durante el presente estudio (op. cit.)

Como es sabido los nutrientes son una fuente muy importante para el incremento en la producción primaria de los cuerpos de agua, pero también estimulan la producción secundaria; se ha observado que la abundancia de rotíferos es más alta en las zonas de descarga de aguas residuales que en zonas más alejadas, además de que estos disminuyen o desaparecen en aguas oligotróficas (Gannon, 1978).

Cuando se modifican las condiciones de eutrofia en los lagos, se observan marcadas diferencias en la composición de los rotíferos planctónicos, por ejemplo en estudios realizados

en 1970 en el Lago Trummen al sur de Suecia, se efectuó un control de la eutrofia mediante la succión del sedimento y se observó una inmediata y sorprendente mejora del lago, lo que llevó a que en 1972 la cantidad de rotíferos disminuyera en un 59 por 100 respecto a 1969, especies tales como *Brachionus angularis* y *Keratella quadrata* consideradas como indicadoras de eutrofia, registraron marcadas disminuciones en número (Mason, 1984).

La cantidad de nutrientes registrados durante el muestreos (Tablas 1,2,3 y gráfica 6) dieron cifras altas de acuerdo a PNUMA-OMS, 1980, por lo que se consideran que los canales de Xochimilco estudiados presentan eutrofización. Los géneros reportados en la bibliografía como indicadores de eutrofización coinciden con los encontrados en los diferentes muestreos en los tres canales (Tablas 4, 5 y 6) (Armenta, 1978).

La mayoría de los rotíferos planctónicos se alimenta ampliamente de seston, que son partículas orgánicas vivas o inertes, aunque también se encuentran depredadores; ya se ha mencionado que las tasas reproductivas de rotíferos están relacionadas en gran medida con la calidad y abundancia de alimento y la densidad de las poblaciones está influenciada por este factor (Wetzel, 1975; Pennak, 1978 y Gannon, 1978).

Existe una interrelación entre los diversos parámetros que rigen la abundancia de los rotíferos; la descarga de aguas residuales proporciona una gran cantidad de materia orgánica que deriva en una fuente de alimento muy abundante; además, de la gran cantidad de nutrientes aportados por las mismas descargas y otras fuentes van a permitir un aumento en la cantidad de algas que los rotíferos emplean también como alimento.

El número de rotíferos por litro (Tablas 4, 5 y 6) excede las cifras que se reportan para aguas no contaminadas, de 40 a 500 ind/l, rarísimos 1000 ind/l y 5000 ind/l muy infrecuentemente; para lagos oligotróficos para época de invierno se reportan 20 ind/l (Wetzel, 1975 y Pennak, 1978). En términos de comunidad podemos explicar la gran abundancia de los rotíferos encontrados por la gran cantidad de materia orgánica proporcionada por los vertidos de aguas residuales, la presencia de nutrientes, la temperatura, el pH, etc., permiten la permanencia de los géneros reportados, pero la presencia, disminución o ausencia de algunos géneros obedece a factores como la competencia, predación o muerte en la comunidad de rotíferos planctónicos.



El género *Philodina* no se encuentra en todos los muestreos (Tablas 4,5 y 6), debido a que es un organismo esencialmente perifitónico que se puede desprender de su sustrato y nadar con los organismos planctónicos.

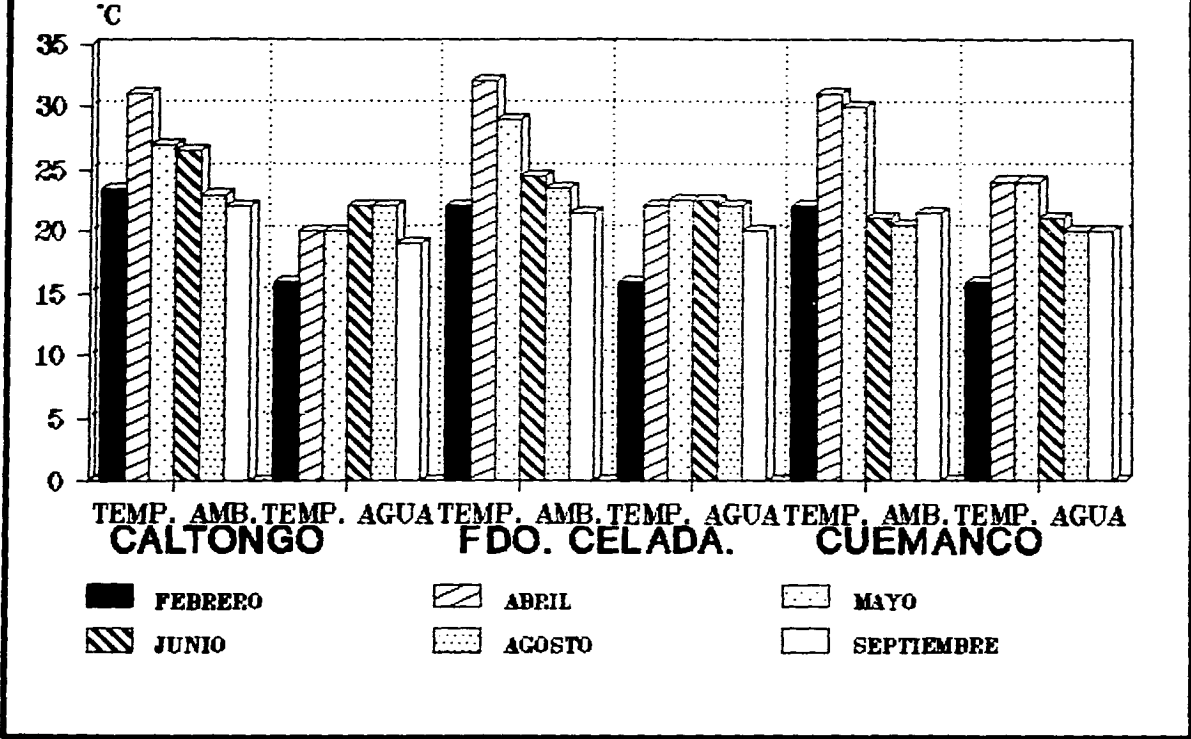
*Asplanchna* es un género carnívoro que aumenta en número en presencia de los géneros de los cuales se alimenta como son *Brachionus*, *Polyarthra* y *Filinia* y disminuye cuando la población de los anteriores decrece.

*Filinia*, *Polyarthra* y *Brachionus* son géneros muy abundantes característicos de aguas duras, al igual que *Lepadella*.

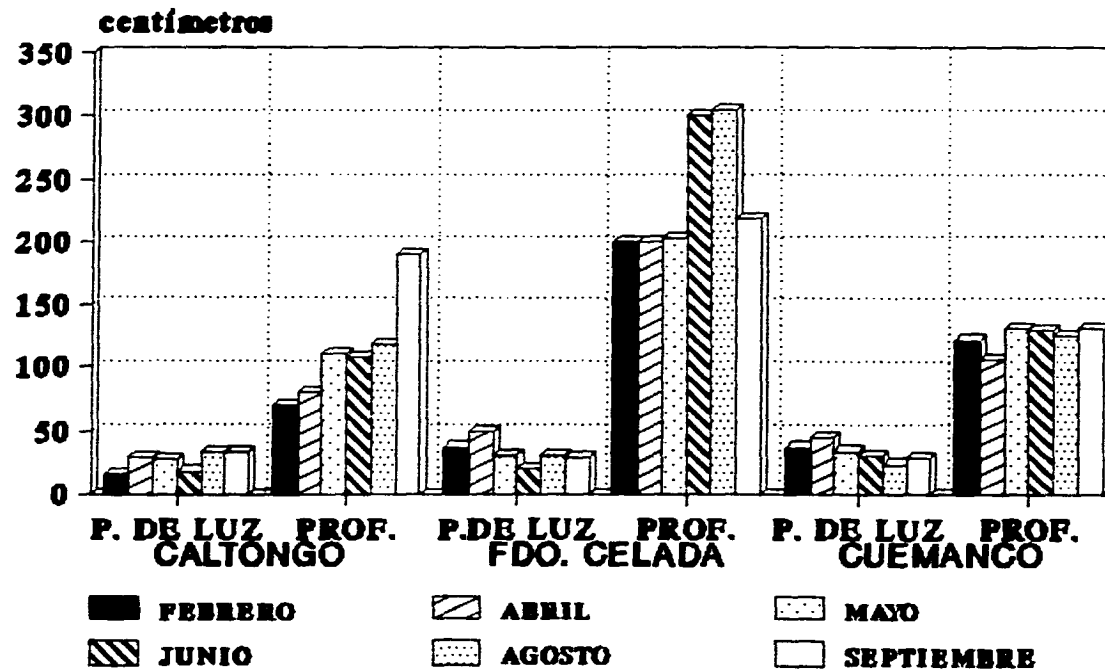
*Keratella* aunque no se encontró con la misma frecuencia que los géneros anteriores está bien representada.

*Platys* se encontró representado en números muy bajos al igual que *Ephiphanes*, el cual se encuentra comunmente en estanques que reciben descargas de establos. Los géneros restantes (Tabla 7) se encontraron solo esporádicamente y en muy poca cantidad, no solo en nuestros muestreos sino también en la naturaleza (Hyman, 1951; Edmonson, 1959 y Pennak, 1978).

GRAFICA 1. TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL AGUA EN CALTONGO, FDO. CELADA Y CUEMANCO

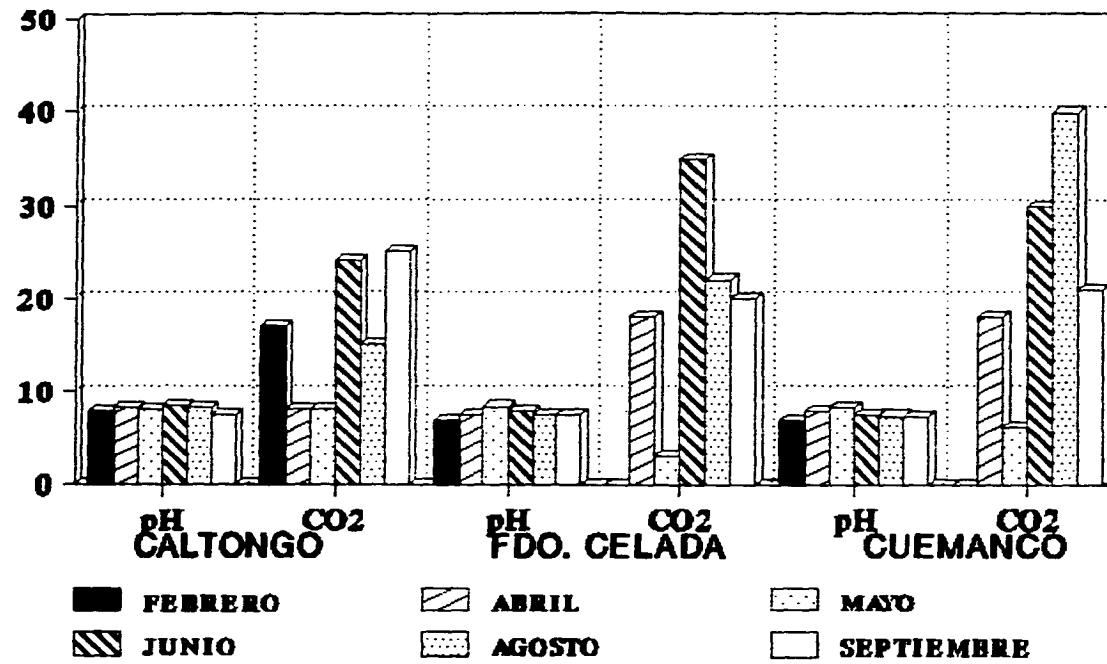


**GRAFICA 2. P. DE LUZ Y PROFUNDIDAD EN  
CALTONGO, FERNANDO CELADA Y CUEMANCO.**



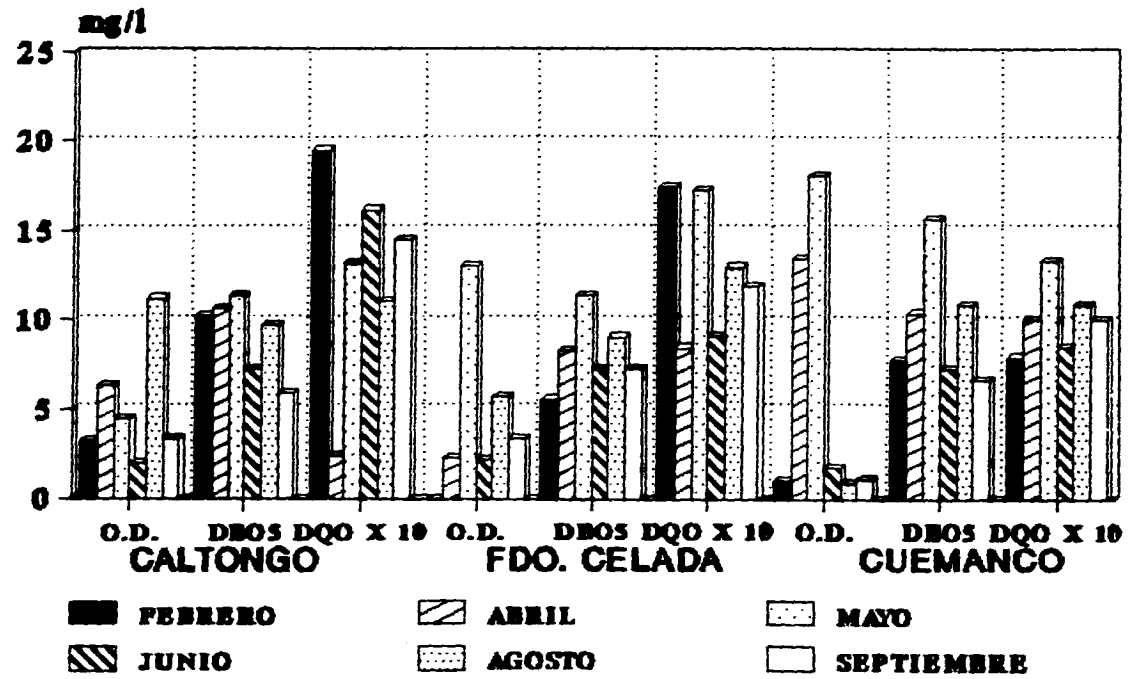
**P.=PENETRACION**

**GRAFICA 3. pH Y BIOXIDO DE CARBONO EN  
CALTONGO, FERNANDO CELADA Y CUEMANCO.**

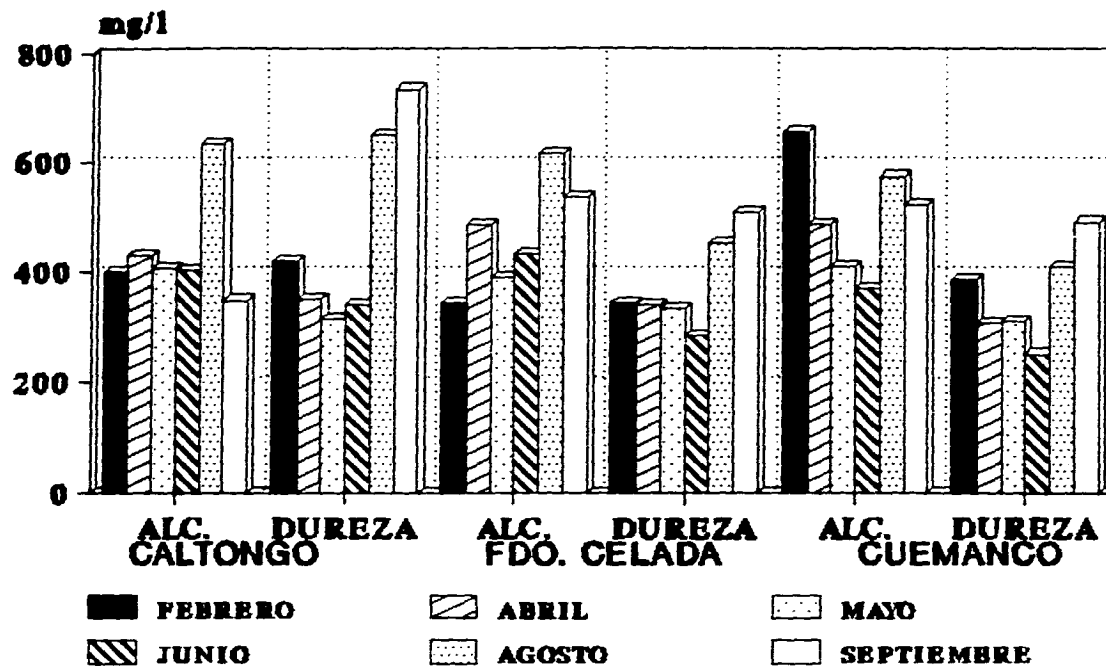


CO2 en mg/l

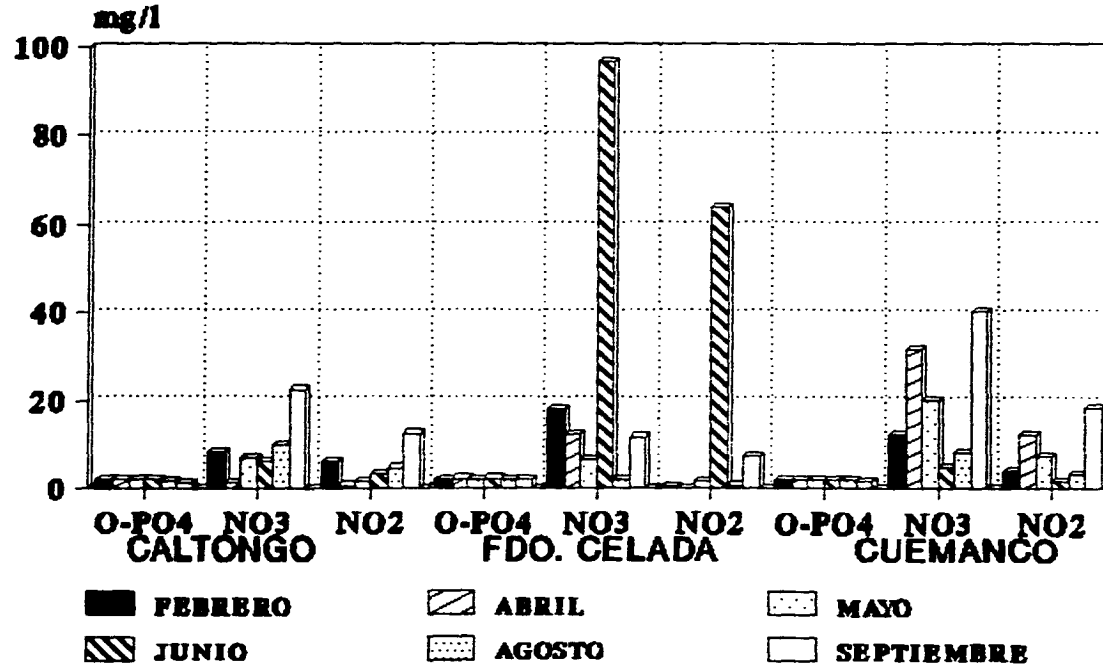
**GRAFICA 4. OXIGENO DISUELTO, DBO Y DQO EN CALTONGO, FERNANDO CELADA Y CUEMANCO.**



**GRAFICA 5. ALCALINIDAD Y DUREZA EN CALTONGO, FERNANDO CELADA Y CUEMANCO.**

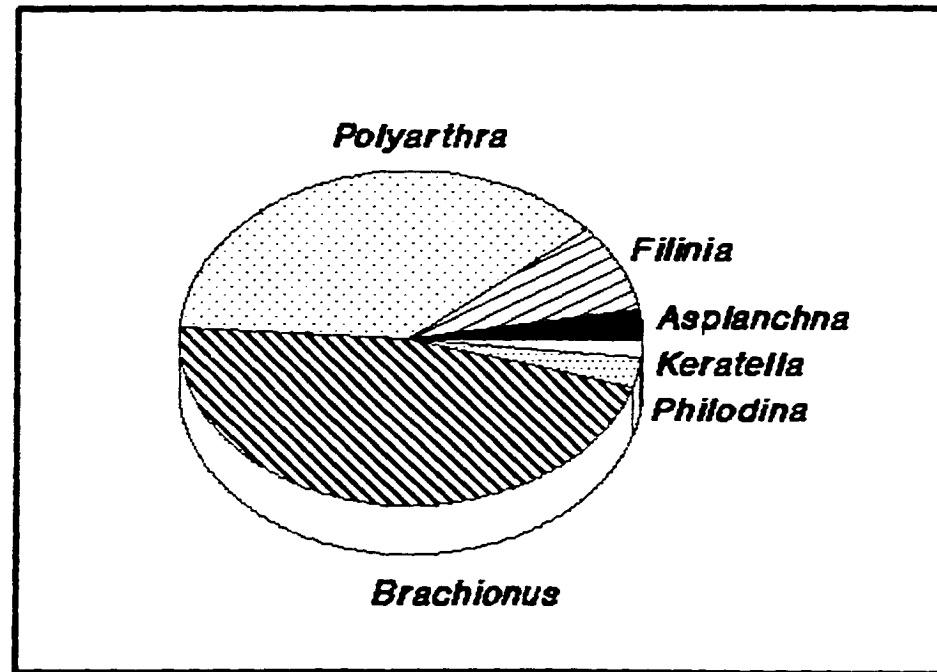


**GRAFICA 6. O-PO4, NITRATOS Y NITRITOS EN CALTONGO, FERNANDO CELADA Y CUEMANCO.**



O-PO4=ORTOPOSFATOS

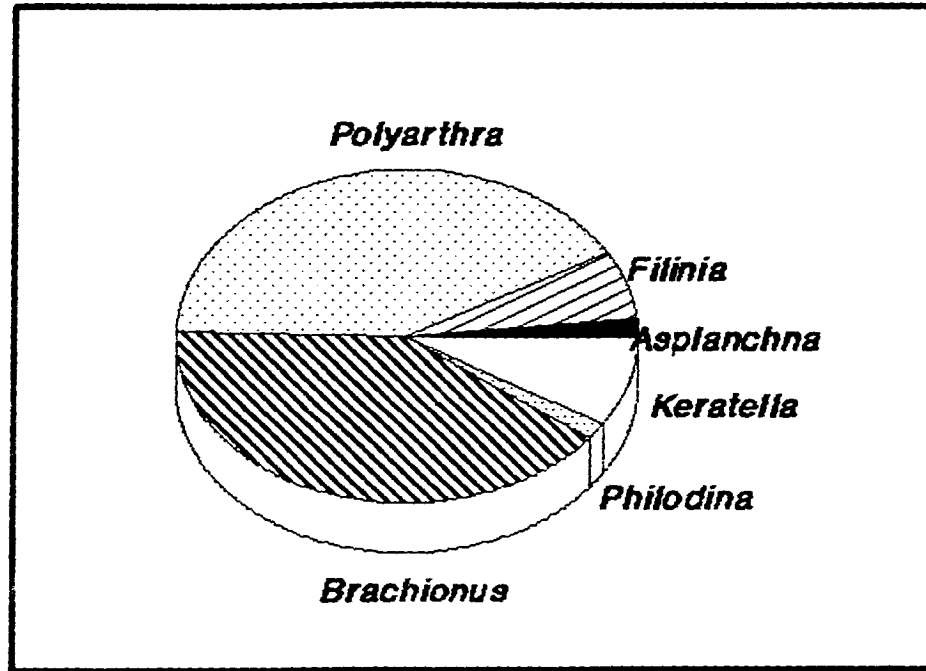
GRAFICA 7. ROTIFEROS  
CALTONGO



FEBRERO

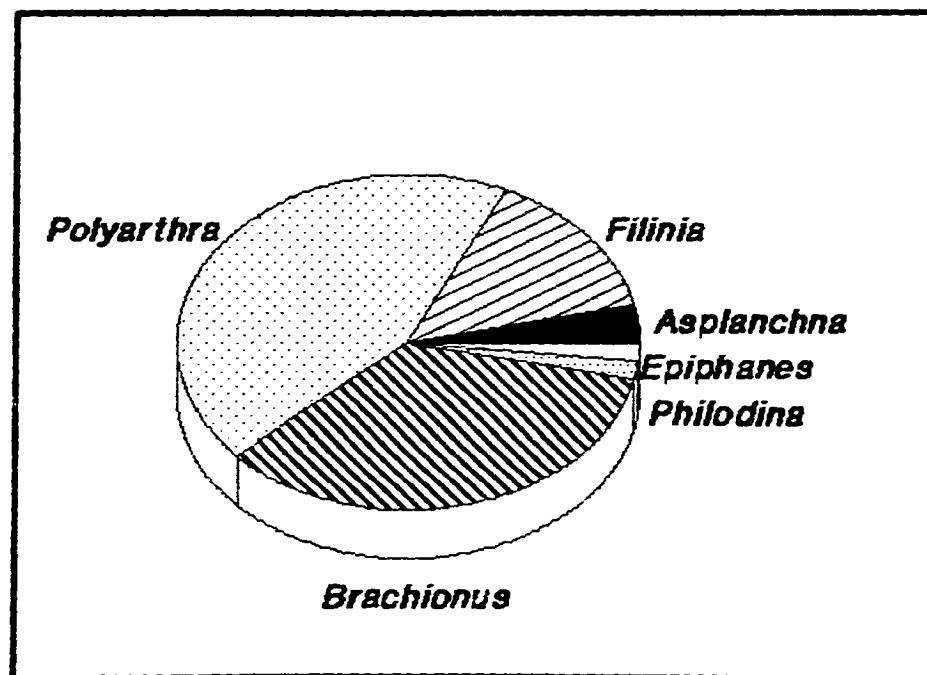


GRAFICA 8. ROTIFEROS  
CALTONGO



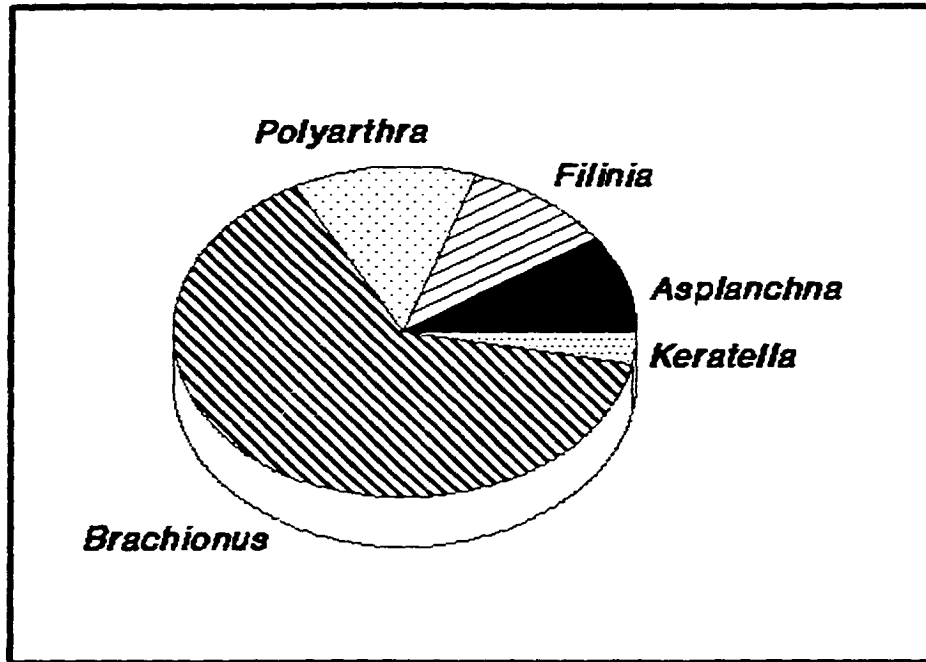
ABRIL

GRAFICA 9. ROTIFEROS  
CALTONGO



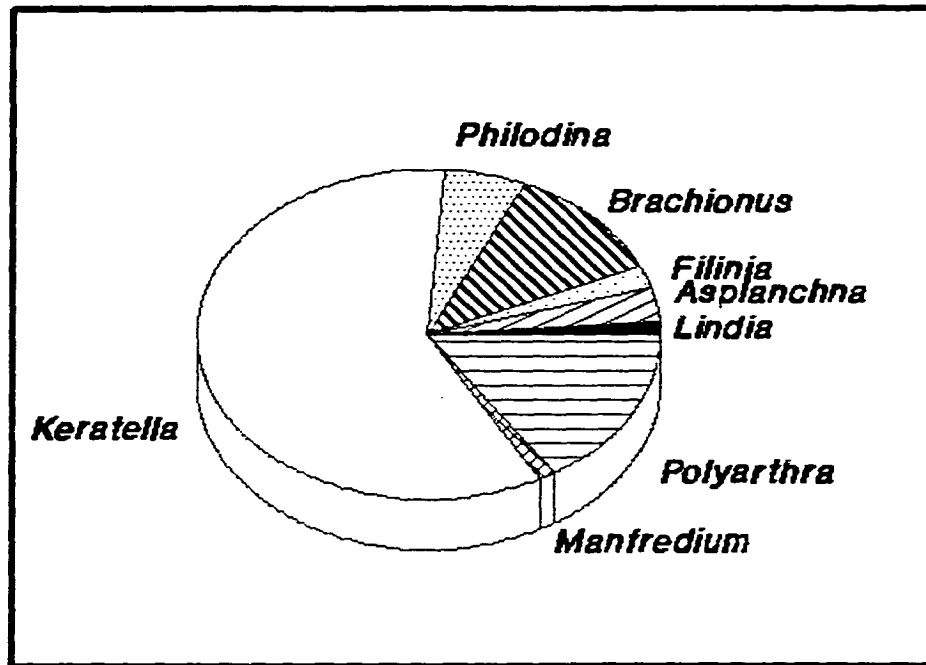
MAYO

GRAFICA 10. ROTIFEROS  
CALTONGO



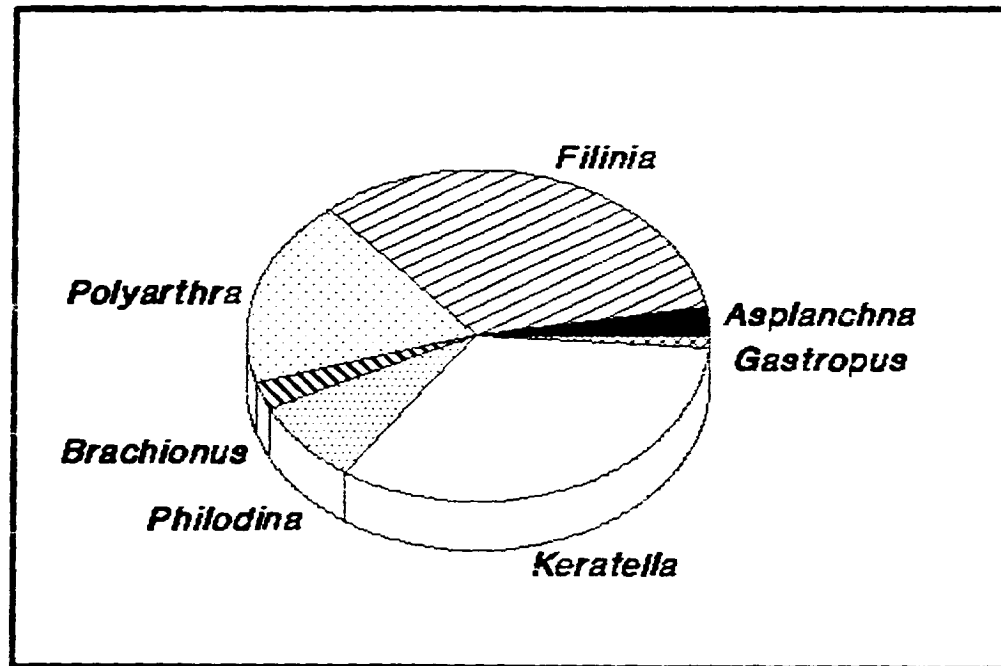
JUNIO

GRAFICA 11. ROTIFEROS  
CALTONGO



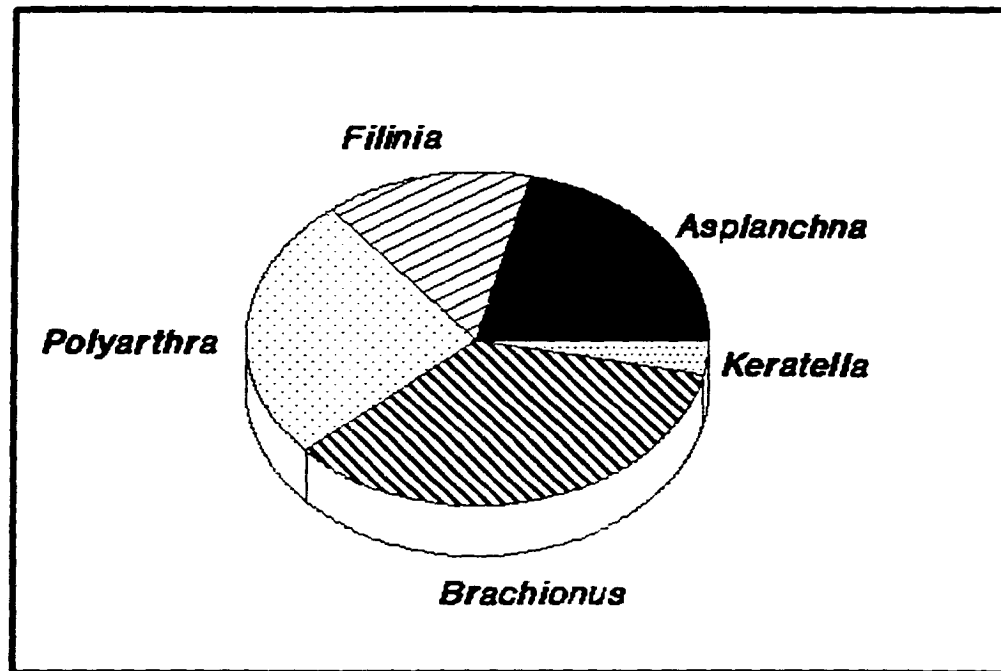
AGOSTO

GRAFICA 12. ROTIFEROS  
CALTONGO



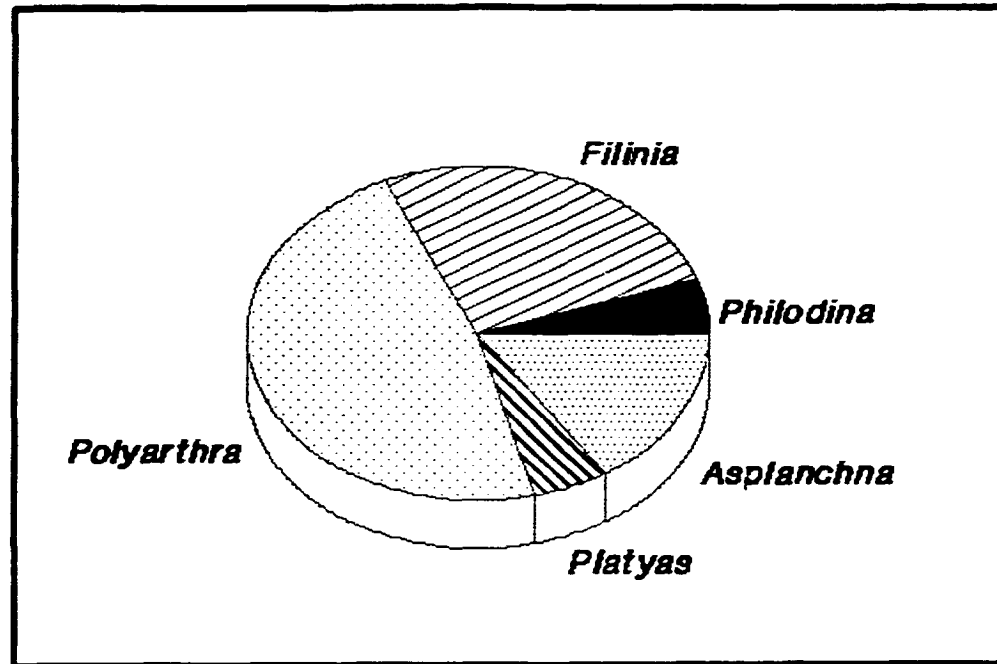
SEPTIEMBRE

GRAFICA 13. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



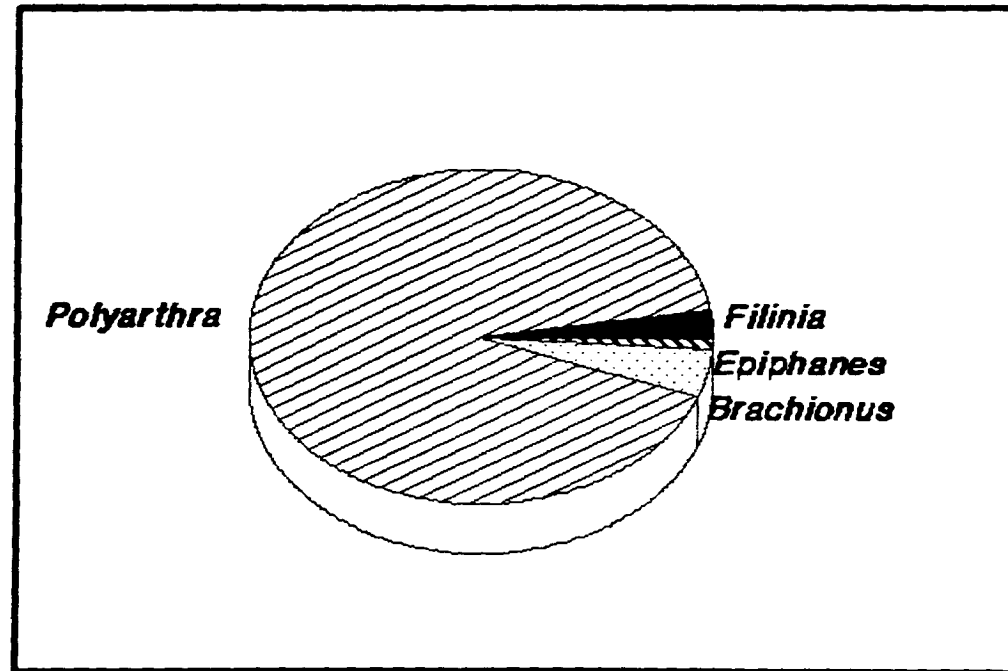
FEBRERO

GRAFICA 14. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



ABRIL

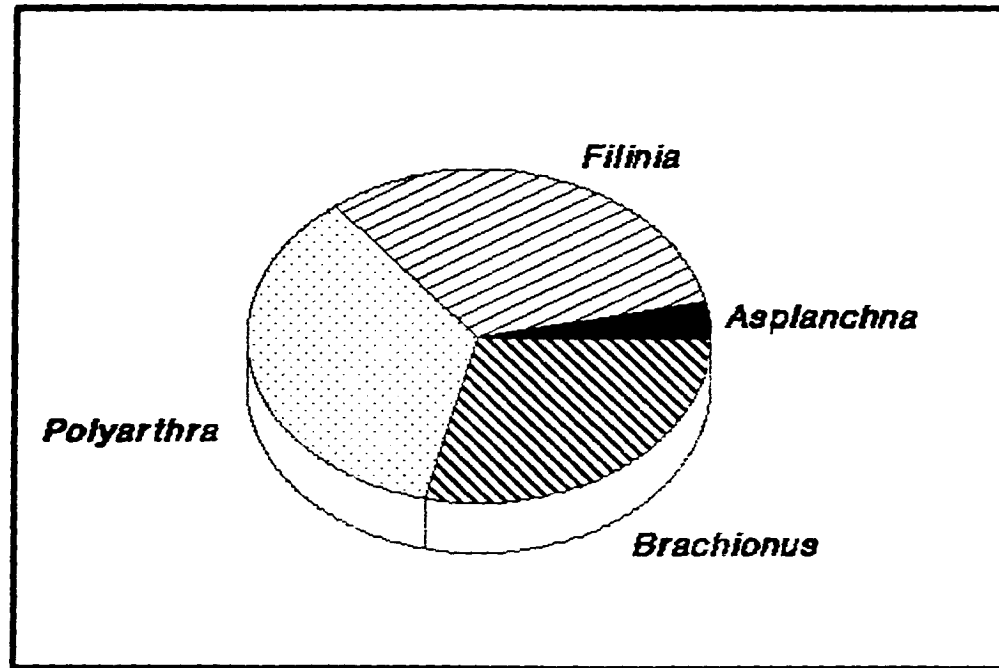
GRAFICA 15. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



MAYO

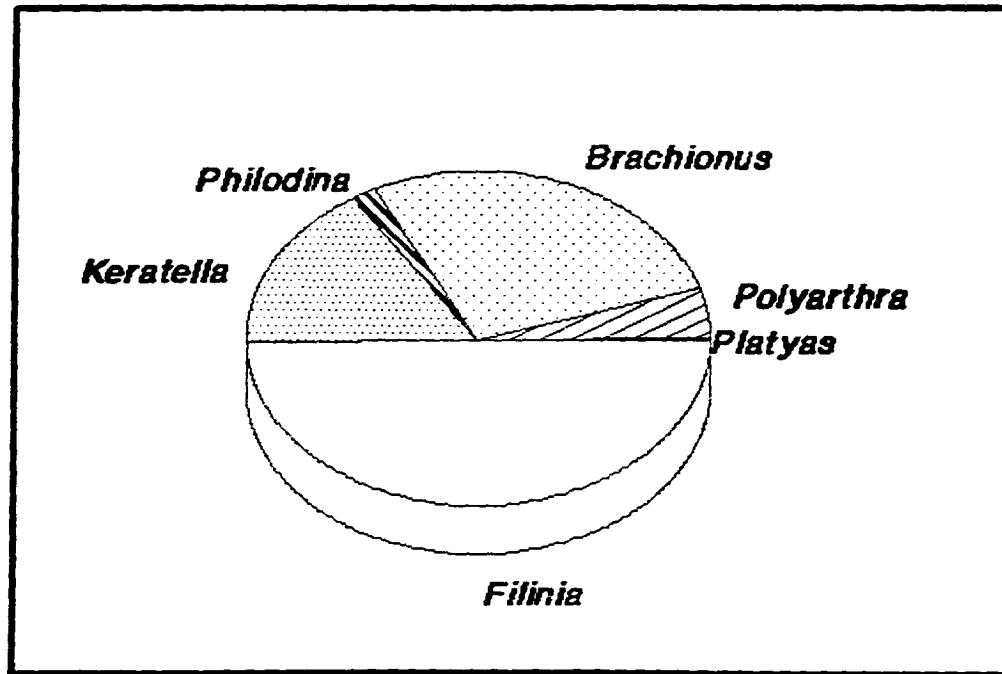


GRAFICA 16. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



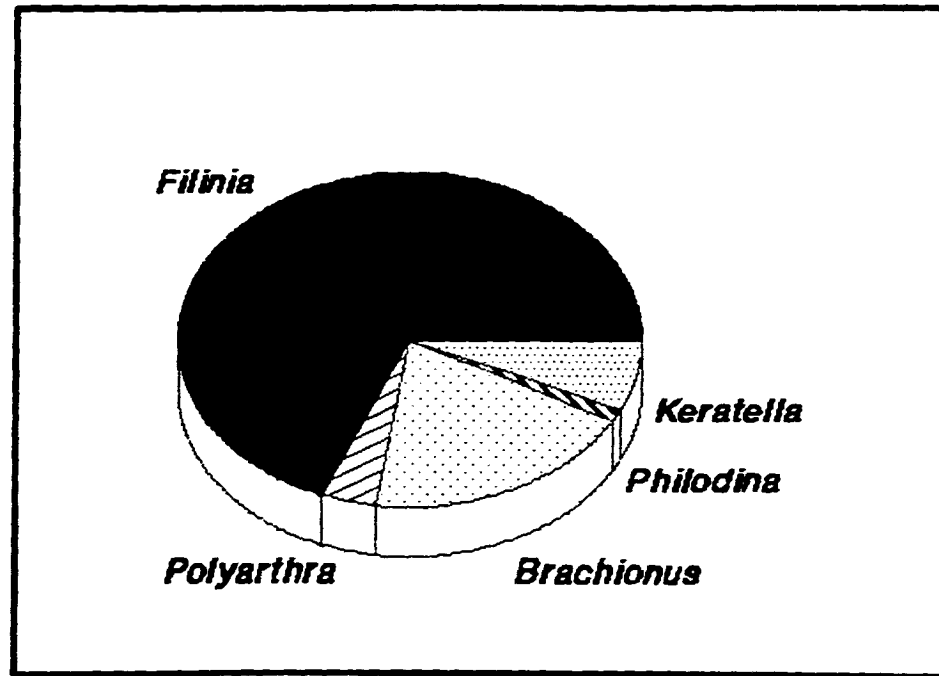
JUNIO

GRAFICA 17. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



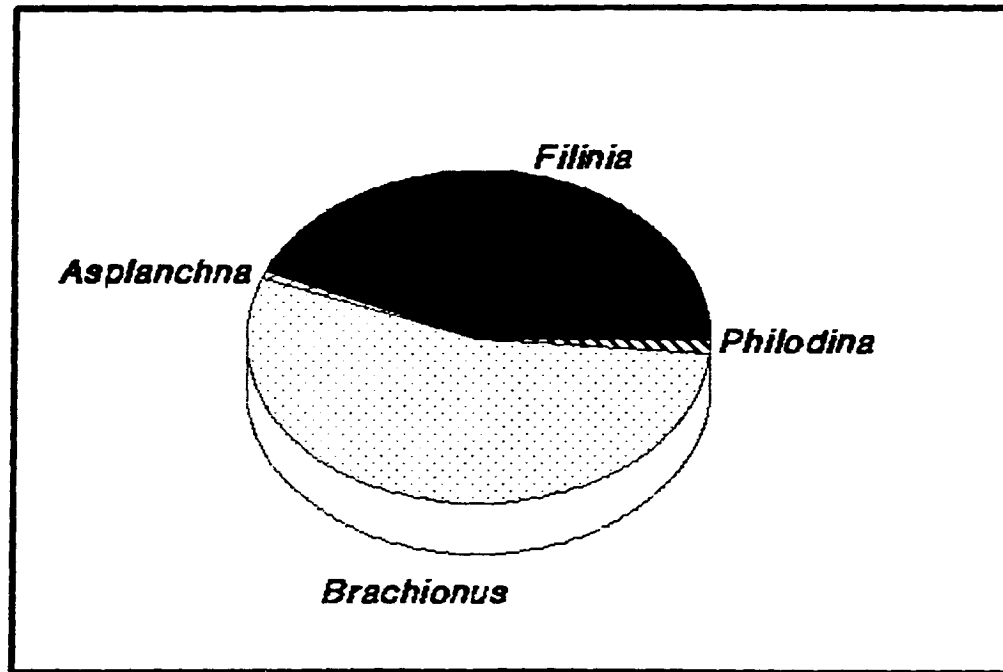
AGOSTO

GRAFICA 18. ROTIFEROS  
FERNANDO CELADA



SEPTIEMBRE

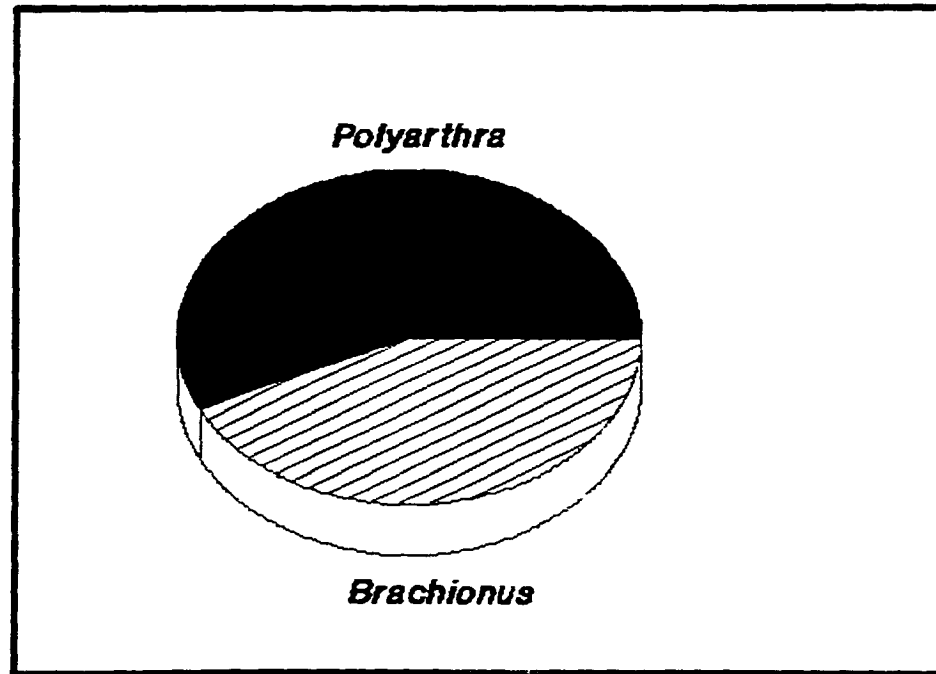
GRAFICA 19. ROTIFEROS  
CUEMANCO



69

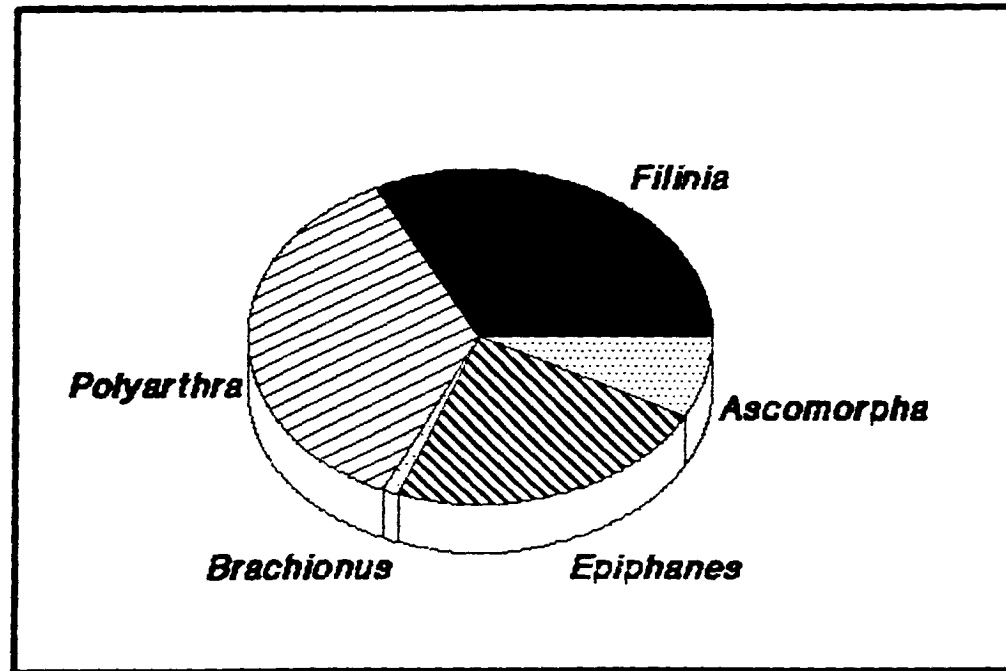
FEBRERO

GRAFICA 20. ROTIFEROS  
CUEMANCO



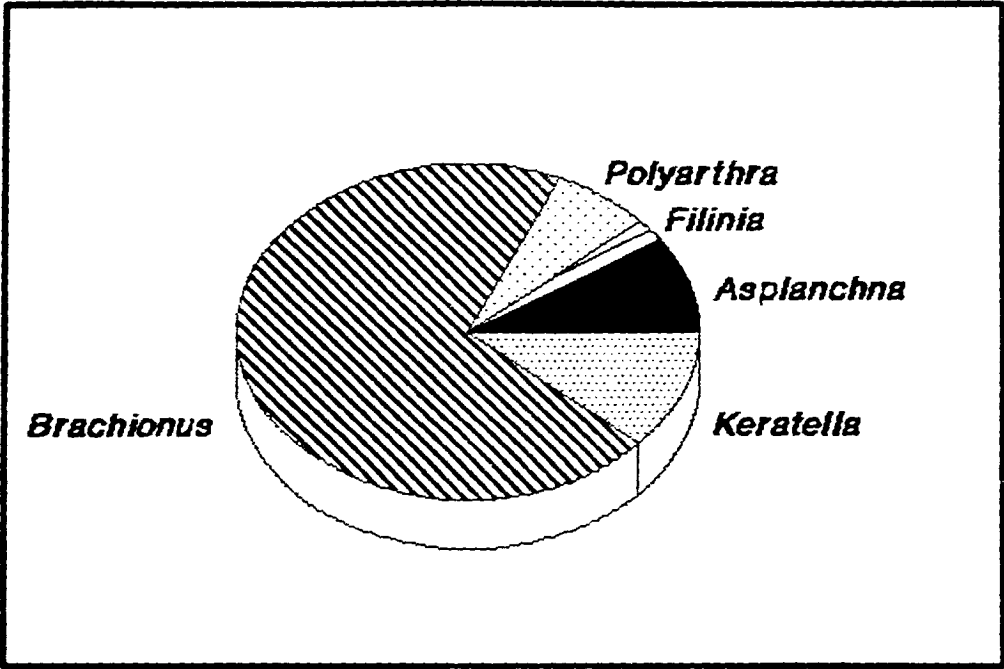
ABRIL

GRAFICA 21. ROTIFEROS  
CUEMANCO



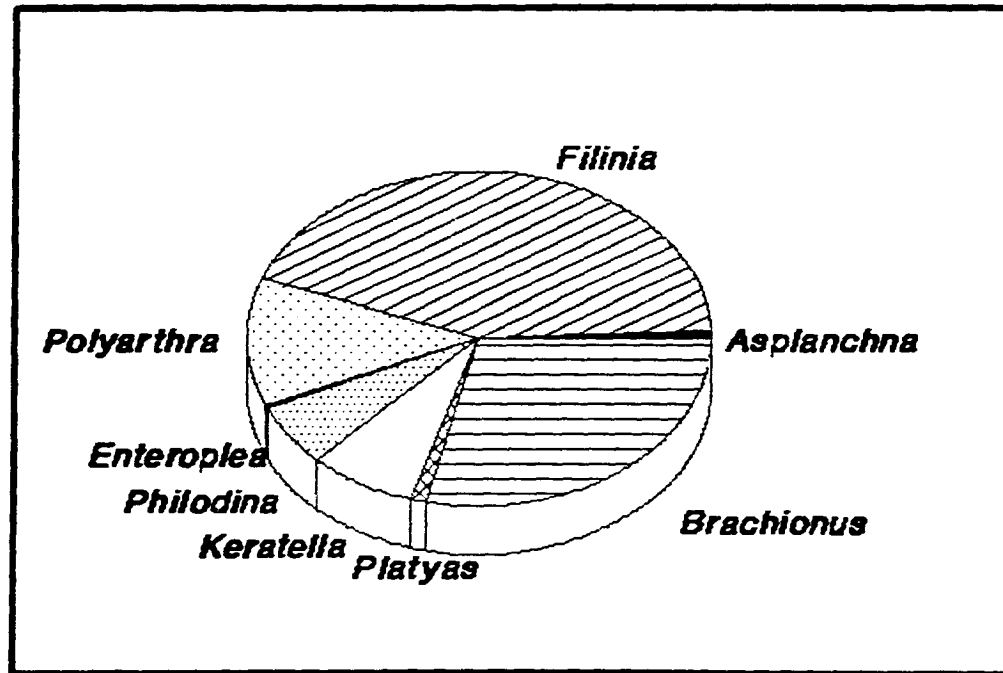
MAYO

GRAFICA 22. ROTIFEROS  
CUEMANCO



JUNIO

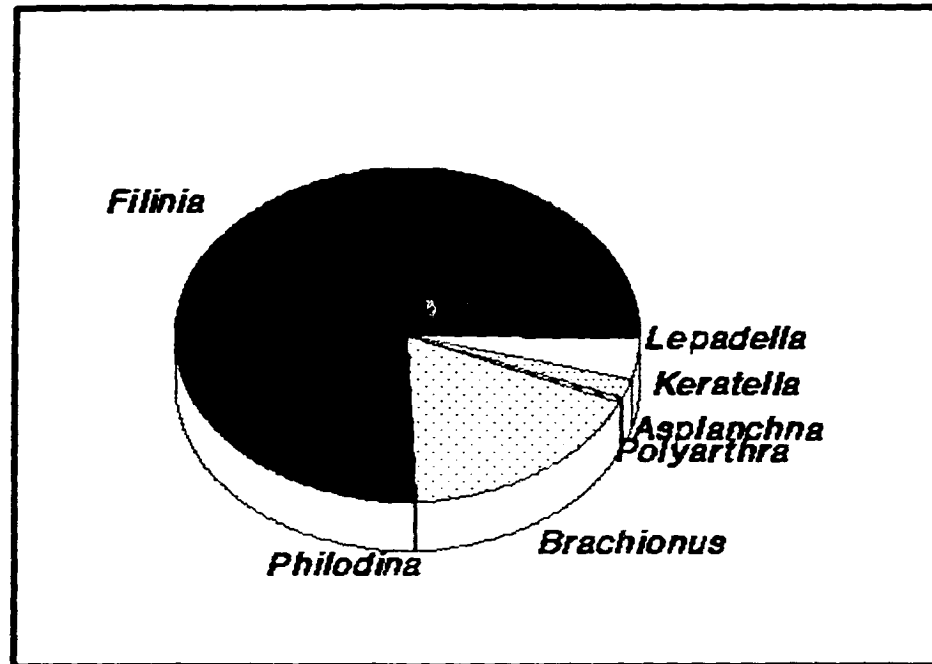
GRAFICA 23. ROTIFEROS  
CUEMANCO



AGOSTO



GRAFICA 24. ROTIFEROS  
CUEMANCO



SEPTIEMBRE

## **X. CONCLUSIONES.**

El agua de Xochimilco presenta gran alcalinidad, lo que determina una baja diversidad de especies en la comunidad de rotíferos y un gran número de individuos.

Una serie de factores combinados: temperatura, pH, alcalinidad y dureza, materia orgánica, nutrientes (fósforo y nitrógeno) determinan la gran abundancia de los géneros encontrados.

Los parámetros bacteriológicos indican la existencia de un aporte importante de aguas domésticas residuales.

Los rotíferos encontrados son indicadores de eutrofia y de contaminación por materia orgánica.

Los Canales Caltongo, Fernando Celada y Cuemanco de acuerdo a los resultados de los parámetros físicos y químicos se encuentran contaminados.

Los organismos indicadores son útiles no solamente para la evaluación del estado trófico, sino también para reflejar cambios en la calidad del agua.

El grado de contaminación encontrado permite una biota de organismos resistentes.

## XI. BIBLIOGRAFIA.

Antipa, G.A. 1977. Use of commensal protozoa as biological indicators of water quality and pollution. *Trns. Amer. Soc.* 96 (4): 482-489.

APHA-AWWA-W-PCF. 1985. Standard methods for the examinations of water and waste water. 16th edition.

Armenta, S.F. 1978. Estudio de la calidad del agua e interpretación de bioindicadores de contaminación en los canales de Cuernavaca y Xochimilco. SARH. México. D.F.

Barnes, R.S. & K.H. Mann. 1991. *fundamentals of aquatic ecology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. USA.

Burrows, W. 1974. *Tratado de microbiología*. Ed. Interamericana. México, D.F.

Cairns, J. Jr. 1978. Zooperiphyton (especially Protozoa) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 97(1): 44- 49.

Calaway, W.T. 1968. The metazoa of waste treatment processes-rotifers. *Journal WPCF*. Vol. 40. No. 11, Part 2.: R412-R422.

Collins, G.B. & Weber, C.I. 1978. Phycoperiphyton (Algae) as indicators of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 97(1): 36-43.

Delatt, A.N. 1976. *Microbiología*. Ed. Interamericana. México. D.F.

Edmonson, W.T. 1946. Factors in the dynamics of rotifer populations. *Ecol. Monogr.* 16 (4): 358-371. USA.

Edmonson, W.T. 1959. *Fresh-water biology*. Second edition. John Wiley & Sons, Inc. New York USA.

E.P.A. 1976. *Quality criteria for waters*. Washington D.C. USA.

Fair, G. et al. 1981. *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. Vol. II. De. Limusa. México.

Gallagher. 1957. Generic clasification of the rotifera. *Procc. Penn. Acad. Sci.* 31: 182-187. USA.

Gannon, J.E. and Stemberger R.S. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. *Trans. Amer. micros. Soc.* 97: 16-35.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlas a las condiciones de la República Mexicana) UNA. México.

Gilbertson, C.B., T.M. McCallia, J.R. Ellis, O.E. Cross y W.R. Woods 1970. The effect of animal density and surface slope on characteristics of runoff, solid waste, and nitrate movement on unpaved feedlots. Lincoln, Colegio de Agricultura y Economía Doméstica de la Universidad de Nebraska.

González, B.A. 1991. Contribución al estudio ficológico estacional de la Laguna de Titla y canales adyacentes, Xochimilco. México. Tesis Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM.

Goodnigh, C.J. 1973. The use of aquatic macroinvertebrates as indicators of stream pollution. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 92(1): 1-13.

Grassé, P.P. et al. 1976. Zoología de invertebrados. torrey-Masson. S.A. Barcelona. España.

Haring, H.K. 1913. Synopsis of the rotatoria. *Bull. U.S. Nat. Mus.* 81.1-226. USA.

Hayman, L.H. 1951. The invertebrates: acanthocephala, aschelminthes and entoprocta. The Pseudocelomate bilateria. Vol. III. Mc. Graw Hill Book Company. New York. USA.

Henebry, M.S. & Ridgeway, B.T. 1979. Epizoic ciliated protozoa of planktonic copepods and cladocerans and their possible use as indicators of organic water pollution. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 98(4): 495-508.

Henebry, M.S. & Cairns, J. Jr. 1980. Monitoring of stream pollution using protozoan communities on artificial substrates. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 99(2): 151-160.

Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology. Vol. II. John Wiley & Sons Inc. New York. USA.

IMASA. 1981. Estudio de la calidad del agua y su evaluación para la certificación sanitaria en zonas de explotación de los recursos marinos y lacustres. Tomo III. Laguna de Alvarado, Veracruz. SARH. México. D.F.

INEGI. 1989. Xochimilco. Cuaderno de información básica Delegacional. talleres INEGI.

Jenkins, D. y Col. 1983. Química del agua, manual de laboratorio. Ed. Limusa. México.

- King, Ch.E. 1972. Adaptation of rotifers to seasonal variation ecology. 53: 408-418. USA.
- Margalef, R. 1955. Los organismos indicadores en la limnología. Instituto Forestal de Investigación y experiencias. Madrid. España.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ediciones Omega. Barcelona, España.
- Marshall, A.J. and Williams, W.D. 1980. Zoología. Vol.I. Invertebrados. Editorial Reverté. S.A. México.
- Mason, C.F. 1984. Biología de la contaminación del agua dulce. Editorial Alhambra. S.A. México.
- Meglitsch, P.A. 1978. Zoología de invertebrados Ediciones H. Blume. Madrid, España.
- Moss, B. 1988. Ecology of Fresh waters, man and medium. Blackwell Scientific publications. Oxford, USA.
- Mooser, F. 1961. Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. S.R.H. CHCUM. México.
- Muñoz, N. J.M. 1985. Manual de prácticas de limnología. E.N.E.P.- Zaragoza. U.N.A.M.
- Nye, J.C. 1973. Nitrogenous compounds in the environment. Informe Preliminar, Washington, D.C., Centro de Protección Ambiental de Estados Unidos de América. Comité Asesor sobre Materiales Peligrosos.
- Odum, E.P. 1972. Ecología. Editorial Interamericana. México, D.F.
- Olson, T.A. & Rueger, M.E. 1968. relationship of oxigen requeriments to index-Organism classification of inmature aquatic insects. Journal Water Pollution Controll Federation 40(5): R188-R202.
- Pennak, R. 1978. Fresh water invertebrates of the United States. John Wiley & Sons. New York. USA.
- PNUMA-OMS. 1980. Criterios de salud ambiental 5. Nitratos, nitritos y compuestos de N-nitroso. Publicación científica No. 394. Washington, D.C. E.U.A.
- Reynoso, A. A. 1986. Estudio del fitoplancton del Lago de Xochimilco. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias UNAM.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Rivera, F. et al. 1979. A quantitative morphological and ecological study of protozoa polluting tap water in Mexico City. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 98(3): 465-469

Robles, V.E. 1991. Determinación de parámetros químicos y bacteriológicos en la evaluación del agua potable, agua dulce y aguas de residuo doméstico. UNAM-Iztacala.

SEDUE. 1986, Reglamento para la prevención y control de la contaminación de las aguas. Normatividad ecológica No. 4. Colección Los Básicos. México. D.F.

Stoerner, E.F. 1978. Phytoplankton assemblages as indicators of water quality in the Laurentian Great Lakes. *Trnas. Amer. Micros. Soc.* 97(1): 2-16.

Schwoerbel, J. 1975. Métodos de hidrobiología (Biología del agua dulce). Editorial Blume. España.

Stocker, H.S. y S.L. Seager. 1981. Química ambiental, contaminación del aire y del agua. Editorial Blume. España.

Sutton, D.B. y N.P. Harmon, 1987. Fundamentos de Ecología. Editorial Limusa. México, D.F.

Vallentine, J.R. 1978. Introducción a la limnología, los lagos y el hombre. Ediciones Omega. Barcelona, España.

Villa, R.F. 1991. Evaluación de la resistencia de *Xiphophorus variatus* de Xochimilco ante dos contaminantes detergentes y cadmio, mediante pruebas toxicológicas. Fac. de Ciencias. U.N.A.M.

Wetzel, R. 1975. *Limnology*. W.B. Saunders Company. U.S.A.