



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

ESTUDIO DEL PLANCTON EN
LA PRESA VILLA VICTORIA,
EDO. DE MÉXICO.

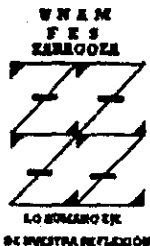
TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

BIÓLOGO

PRESENTA:

NORMA RODRÍGUEZ CAMPOS



DIRECTORA DE TESIS:
BIÓL. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF

MÉXICO, D.F.

1999

TESIS CON
PALLA DE ORIGEN

27 7961



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

No tengo las suficientes palabras para agradecer a los seres más bellos de este mundo, por haberme dado su apoyo, cariño, comprensión y la mejor de las herencias que es mi carrera. Mil gracias: a mi y a mi; los ama y admira por toda la vida: Norma.

Gracias a mis hermanos: Mary y Oscar, por haberme apoyado hasta el final, ya que tuve momentos difíciles pero siempre estuvieron ahí para alentarme y no caer. Los admiro, quiero y respeto.

A mi esposo y amigo de toda la carrera, gracias por apoyarme en este y todos los momentos importantes de mi vida. Te ama Norma.

Gracias hijo; por impulsarme a ver la vida desde otra perspectiva ahora como madre; ya que este también es tu futuro. Te quiero Julián.

Existen muchas personas a quien debo agradecer como por ejemplo a mi directora la cual admiro y respeto la: Bióloga Angélica Elaine González Schaff y a mis dos inseparables amigas Ana y Claudia; por haberme impulsado a titularme como bióloga.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	4
ÁREA DE ESTUDIO	7
OBJETIVOS	9
METODOLOGÍA	10
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
APÉNDICE	69
CONCLUSIONES	73
SUGERENCIAS	74
BIBLIOGRAFÍA	75

RESUMEN.

Se realizó un estudio del plancton en la Presa Villa Victoria, localizada en el Estado de México, con muestreos mensuales de marzo de 1996 a febrero de 1997. Se ubicaron 6 estaciones de monitoreo con 3 niveles de profundidad (0.30 m, 2.0 m. y profundidad máxima). Se utilizó una botella Van-Dorn con 3 litros de capacidad para obtener las muestras de agua y fitoplancton y se realizaron arrastres horizontales con redes planctónicas (60 y 150 micras de abertura de malla para fito y zooplancton respectivamente). Las muestras vegetales se analizaron en cámaras de sedimentación con un microscopio invertido, mientras que para el zooplancton se utilizaron cajas de petri y un estereoscopio.

El clima de la presa es templado subhúmedo con lluvias en verano por lo que no presenta grandes variaciones en la temperatura promedio la cual tiene un rango de 17-23 °C, pH ligeramente alcalino, la cantidad de oxígeno disuelto es abundante (6-9 mg O₂/l), alcalinidad de 40-50 mg CaCO₃/l y dureza total de 30-40 mg CaCO₃/l.

Se registraron 37 especies con 28 géneros fitoplanctónicos, pertenecientes a 5 divisiones Chlorophyta (16 especies), Cyanophyta (7 especies), Cryspophyta (12 especies), Euglenophyta (1 especie) y Pyrrophyta (1 especie). Las especies más abundantes son: *Aphanizomenon sp.*, *Closterium acutum*, *Aulacoseira italica* y *Chlorella miniata*. En lo referente al zooplancton existe una mayor dominancia del grupo de los cladóceros representado por: *Bosmina longirostris*, seguido de los copépodos con *Mesocyclops sp* y *Eucyclops sp* y finalmente de los rotíferos con *Keratella cochlearis*.

La prueba de rangos múltiples ($\alpha=0.05$) por mes, estación y profundidad no arrojó diferencias significativas en la densidad de organismos fitoplanctónicos entre niveles de profundidad ni entre las estaciones de muestreo, lo que indica una distribución homogénea. Se aprecia un máximo en la concentración de fitoplancton en el mes de diciembre con: 18 400 000 ub/l para la zona limnética, y en la zona litoral se presenta el máximo en el mes de enero con 33 400 000 Ub/l. Para el zooplancton se observó un máximo en cuanto a su densidad de 16 402 org/m³ en el mes de septiembre, también se realizaron muestreos del plancton litoral encontrando aumentos considerables en la densidad con 39 748 org/m³ en el mes de febrero.

En base a la composición de especies fitoplanctónicas encontradas y que son consideradas indicadoras como: *Aulacoseira italica*, *Aphanizomenon sp*, *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria sp*, *Anabaena spp*, *Fragilaria crotonensis*, *Nitzschia lanceolata*, *Chlorella miniata*, *Scenedesmus spp* y *Phacus pleuronectes*; puede caracterizarse a la Presa Villa Victoria como un sistema con características la eutrofización.

INTRODUCCIÓN.

La hidrobiología es la parte de la Biología que se ocupa de los organismos que viven en el agua así como las condiciones que imperan en este medio. Los objetos de estudio de la hidrobiología son los animales, plantas, bacterias y otros que viven en el agua (Schwöerbel, 1975).

Esta ciencia se desarrolla tierra adentro, ocupando pequeñas extensiones en comparación con las aguas marinas. Los ríos y lagos constituyen las acumulaciones más normales de agua, donde existirán organismos que se verán influidos por los factores del medio, para formar comunidades (biocenosis) (Schwöerbel, 1975).

Los ambientes dulceacuicolas comprenden lagos, lagunas y ríos, entre otros y representan apenas un 0.009% para lagos, y en 0.00009% para ríos, del total del agua en el planeta (Wetzel, 1981). Nuestro país cuenta con presas, embalses y lagos artificiales, cuya superficie ha sido estimada en 1.3 millones de hectáreas. En ellos la tasa de renovación es más lenta que en un río, y se caracterizan por niveles fluctuantes de agua y una turbidez elevada (Ortega, 1994).

La importancia de los recursos acuáticos adquiere cada día matices vitales, debido a que las actividades del hombre dependen en gran medida de ellos. El desarrollo de la industria y la agricultura requieren del control del abastecimiento de agua, además de la creciente demanda de energía hidráulica, del incremento de las necesidades alimenticias y satisfactores de la población.

Las investigaciones acuáticas nos conducen a bosquejar una tipología de los cuerpos de agua, que además cumplen con un fin práctico, pues la asignación de un tipo determinado a cada embalse implica automáticamente la posesión de una serie de características de composición y dinámica que deberán tenerse presentes al manejar y administrar estos recursos (Reynolds, 1984).

En el agua se ha notado vida de ciertos organismos microscópicos que forman el plancton, los cuales están suspendidos en la misma. El plancton es definido en 1887 por el alemán Hensen en el cual incluye plantas y animales los cuales son pasivos y son arrastrados por los movimientos del agua. Los vegetales que lo forman se han llamado fitoplancton representados en su mayoría por diatomeas, dinoflagelados, algas verde-azules, clorofitas, etc. (Soumia, 1978).

La importancia del plancton radica en que constituye la unidad básica de producción de materia orgánica en los ecosistemas acuáticos (González de Infante, 1988). Se relaciona con los peces y otros organismos heterótrofos que lo utilizan como fuente de alimentación, el hombre, también depende de él, indirectamente al aprovechar a estos organismos (Reynolds, 1984). Además es una parte importante de la cadena trófica, la productividad primaria y finalmente con la interacción con su ambiente. (González de Infante, 1988).

Los organismos planctónicos tienen una gran importancia económica ya que tienen un alto efecto en el alimento (Sournia, 1978). Las algas contribuyen para el funcionamiento del ecosistema acuático, mediante la actividad fotosintética, de respiración y fijación del nitrógeno, formando parte de los ciclos biogeoquímicos (Reynolds, 1984). A las algas además, se les considera ecológicamente importantes ya que algunas poblaciones son indicadoras del grado de eutrofización que se presenta en un cuerpo de agua como por ejemplo: *Chlorella sp*, *Oscillatoria sp* y *Chlamydomonas sp*, entre otras (Reynolds, 1984).

Por la gran importancia que tienen las microalgas es que se realizan cultivos en los cuales, se intenta igualar las condiciones naturales, controlando sólo la entrada de nutrientes, luz y aire para poder obtener a los organismos así como observar las formas de reproducción y por supuesto estudiar el desarrollo del cultivo. Los cultivos de microalgas a gran escala se llevan a cabo como cultivos continuos o semicontinuos en los cuales la solución de nutrientes se introduce en un extremo del sistema y las algas se cosechan conforme el cultivo fluye hacia el otro extremo.

Las algas parecieron ser una gran fuente de proteínas para el mundo después de la segunda guerra mundial, pero en el presente no parece que contribuya de manera importante a este problema; ya que los costos son altos y la tecnología demasiado avanzada, aunque en el Japón, país que utiliza en alto grado sus recursos marinos, existe un gran mercado para las algas (Darley, 1987). Para realizar cultivos algales se deben tener razones muy importantes, ya que ellos nos darán cierta información como: conocer los ciclos de vida de cada especie (Trainor, 1993), así como sus fases morfológicas, genéticas, fisiológicas (Leite et al., 1993), reproductivas y sus relaciones ecológicas (Goldman, 1979).

En el presente trabajo se realizó el análisis del plancton de la presa Villa Victoria, estado de México y sus variaciones en cuanto a densidad a través de un ciclo anual, ya que el embalse es importante al formar parte del sistema Cutzamala que abastece de agua a la Cd. de México, se encuentra poco estudiado, por lo que se pretende dar a conocer la caracterización de la presa Villa Victoria, en cuanto a una dinámica del plancton y establecer su estado trófico.

JUSTIFICACIÓN.

En México, las algas dulceacuícolas ya se conocían desde la época en que floreció la cultura Mexica, como se ve en los códices Florentino y Mendocino, con un manejo eficiente y adecuado de las mismas, posteriormente durante la época colonial, su uso práctico se vio relegado, pero se les incluyó en estudios referentes a aguas y minerales, (Dibbie y Anderson 1963; Paso y Troncoso 1925; citados en Ortega, 1987).

De entre algunos estudios que se han realizado de algas verdes se da uno donde se analiza la flora de algas de los lagos del Valle de México, este reporta una gran abundancia y gran riqueza en organismos (Samano, 1934).

Los estudios planctónicos resultan importantes ya que estos organismos son los iniciadores de la cadena trófica (fitoplancton). Dado que existen carencias de información limnológica en nuestro país, este trabajo se verá abocado, a dar una visión de los organismos planctónicos en la presa Villa Victoria, para hacer notar el efecto del plancton en la presa, así como la abundancia del mismo.

En el estado de México se han realizado otros estudios, pero en la Presa Villa Victoria sólo se tienen reportados 3, los cuales son: a) Olvera (citado en García 1994) que realizó la caracterización limnológica del embalse Villa Victoria, Estado de México, tomando en cuenta aspectos bióticos y abióticos, b) García (1994) que hizo un análisis preliminar de las comunidades algales y en el que sólo se analizaron muestras del litoral de la presa y c) López (1996) que realiza un estudio del plancton de la Presa Villa Victoria, Estado de México con 10 meses de muestreo.

Esto nos demuestra que los estudios planctónicos en esta presa son muy pocos a pesar de la gran importancia de la misma ya que es abastecedora de agua potable para la Ciudad de México, por ser perteneciente al Sistema Cutzamala (Figura 1), el cual aporta un 20.5% ($13 \text{ m}^3/\text{seg}$) de los cinco principales sistemas "acarreadores" donde, el sistema Lerma contribuye con 9.5%, los mantos acuíferos con 67.7% y finalmente el Río Magdalena y sistema de manantiales con 2.3%. El sistema Cutzamala es el segundo abastecedor de la ciudad, por esto "acarrea" el agua desde 127 kilómetros de distancia. (Figura 2). La energía eléctrica anual requerida para hacer llegar el agua del sistema Cutzamala a la Ciudad de México es de 626 millones de Kilowatts/hora y la inversión necesaria para incrementar en $1 \text{ m}^3/\text{seg}$ el caudal proveniente de esa región es de aproximadamente 750 millones de pesos (D.D.F., 1996).

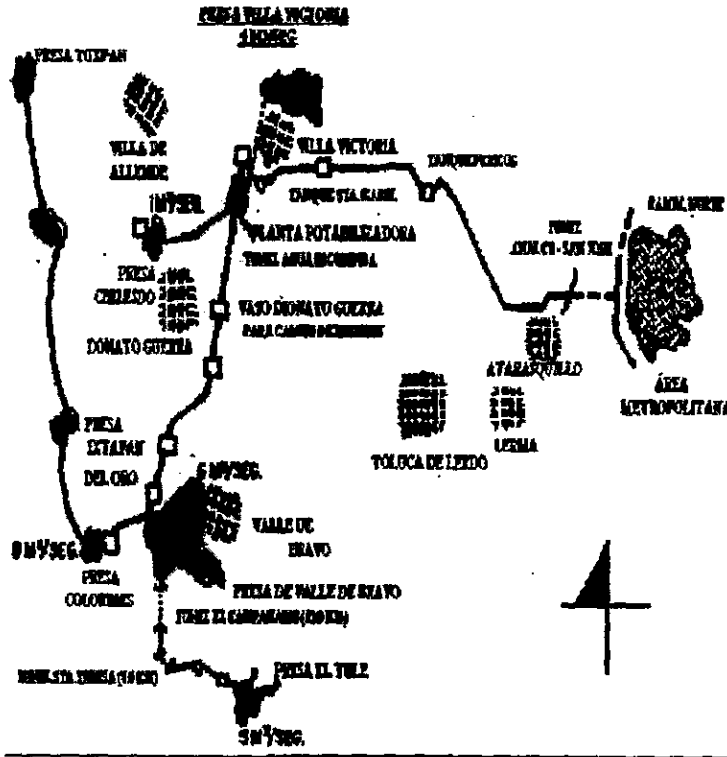


Figura 1.- Croquis del Sistema Cutzamala (no se representa a escala)

Tomado del SASRH, 1997

La presa Villa Victoria además de ser una abastecedora es también generadora de energía eléctrica, y cercano a ella se ubica la cabecera municipal de Villa Victoria.

Es necesario establecer un estudio más profundo de la Presa Villa Victoria, ya que sus investigaciones son preliminares con lo se llegaría a un mejor aprovechamiento. Debemos mencionar que solamente en el último estudio (López 1996) se hace notar a los organismos zooplanctónicos, con el presente trabajo se dará más énfasis a ellos ya que son poco estudiados. Y finalmente establecer las variaciones de densidad zooplanctónica en función de las presentadas por el fitoplancton.

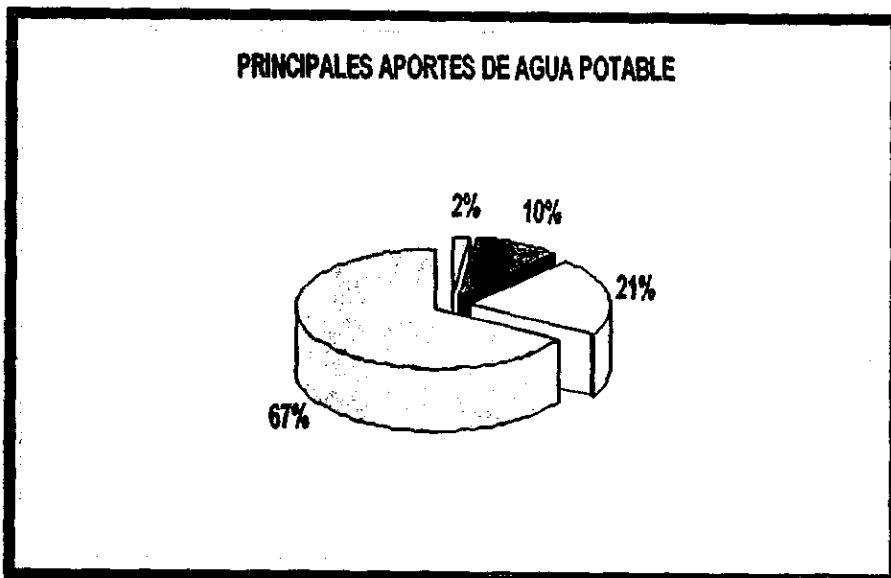


Figura 2.- Principales aportes de agua potable a la Cd. de México: 67% de acuíferos, 21% sistema Cutzamala, 10% Lerma y 2% de Río Magdalena y sistema de manantiales.

AREA DE ESTUDIO.

La presa Villa Victoria se encuentra ubicada entre los 19° 17' 22" latitud Norte y 99° 50' 57" longitud Oeste (Anónimo, 1990). Perteneció al Municipio de Villa Victoria, Edo. de México y comprende una extensión de 442.60 Km². Su altitud es 2608 msnm, con una capacidad total de 254 millones de m³ y una capacidad disponible de 214.30 millones de m³. Construida por la Comisión Federal de Electricidad en el año de 1944, se utiliza para la generación de energía eléctrica. Su principal corriente es el río San José Malacatepec; forma parte del sistema Cutzamala, Miguel Alemán e Ixtapatongo; que abastece de agua a varias ciudades, entre ellas el Distrito Federal; se interconecta con otras 10 presas por medio de corrientes naturales y acueductos. Perteneciendo a la región hidrológica número 18, del río Bajo y Medio Balsas, con una superficie de 2750 ha. (Anónimo, 1981) (Figura 3).

Tiene un clima C (W₂)(W)b(i) templado subhúmedo con lluvias en el verano y una temperatura media anual de 25 °C, siendo la máxima de 28 °C y la mínima de 7 °C. La precipitación anual es de 887.5 mm. (García, 1973).

La vegetación circundante es en general de pastizal inducido y las herbáceas más representativas de la zona litoral son Papaveraceae, Solanaceae, Onagraceae y Compositae.

La zona que rodea a la presa es un suelo de rocas sedimentarias, encontrando los tipos vertisol crómico fino y feozem medio y fino.

La zona de trabajo se encuentra localizada en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y en la subprovincia Mil Cumbres y pertenece a la región hidrológica denominada Lerma-Chapala-Santiago, que es un sistema importante del país, los sistemas de topofomas que presenta son los valles (Anónimo, 1981).

OBJETIVOS.

- ☛ **Determinar al nivel taxonómico posible el plancton animal y vegetal de la presa Villa Victoria, Estado de México.**

- ☛ **Evaluar la densidad temporal y la distribución del plancton a lo largo de un ciclo anual (marzo 1996 - febrero 1997).**

- ☛ **Estudiar las relaciones en la densidad zooplanctónica en función de las presentadas por el fitoplancton.**

- ☛ **Analizar el comportamiento del plancton y las condiciones hidrológicas del sistema.**

- ☛ **Determinar el grado de eutrofización que presenta el sistema con base a las especies indicadoras en el fitoplancton.**

El trabajo se divide en las siguientes fases: Fase de campo, de gabinete y de laboratorio

FASE DE CAMPO.

A) UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MUESTREO:

Se realizaron 12 muestreos mensuales de marzo de 1996 a febrero de 1997 en 6 estaciones ubicadas dentro de la Presa Villa Victoria (Figura 4). Se tomo este número porque se trató de abarcar la mayor superficie de la presa considerando características importantes en la zona como: la desembocadura del río, la de desagüe, la pesquera, etc. las cuales se describen a continuación:

- La estación 1 está localizada cerca a la compuerta de la presa por lo que es la zona más profunda (hasta 8 metros)
- La estación 2 se sitúa en la conexión con el río "La Compañía", con una profundidad promedio de 3 metros.
- La estación 3 se encuentra en la mitad de la presa, lejos de actividades humanas y de profundidad promedio 6 metros.
- La cuarta zona de muestreo es donde los pobladores desechan los desperdicios domésticos, por lo cual fue llamada estación de desagüe y que presenta poca profundidad (1 m).
- La estación 5 está localizada donde hay una mayor actividad pesquera regional, somera y que representa una zona de protección de alevines de charal y carpa. Con una profundidad de 3 metros aproximadamente.
- La estación 6 es la más alejada del poblado esta localizada hacia la parte oriental del sistema y tiene una menor profundidad (1 -2 m).

Para estos muestreos se utilizó una lancha de 4 m. de eslora con un motor fuera de borda de 25 caballos de fuerza y los últimos dos muestreos fueron litorales (frente a las estaciones 1, 4 y 5) con el fin de comparar las zonas litoral y central.



Figura 4.- Ubicación de las estaciones de muestreo en la Presa Villa Victoria.

B) DATOS DE COLECTA Y TOMA DE MUESTRAS:

I.- DATOS AMBIENTALES.

En cada sitio de muestreo se obtuvieron datos generales del ambiente: nubosidad y temperatura ambiental.

Nubosidad:

Esta fue registrada con base al porcentaje de cobertura de nubes.

Temperatura:

Se registró con la ayuda de un termómetro (-20° a 110 °C), tanto la ambiental como la de la muestra, con precisión de ± 0.1 °C.

II.- DATOS HIDROLOGICOS.

Se realizó la toma de muestras mediante el uso de una botella Van Dorn horizontal a 3 niveles de profundidad: 0.30 m., 2.0 m. y a 10 cm de profundidad máxima, se eligieron estas profundidades tratando de abarcar la zona fótica y el total de la columna de agua. Para el análisis hidrobiológico, se registraron los siguientes parámetros:

pH.

Este se registró con un potenciómetro digital (Conductronic), con una precisión de ± 0.02 .

Oxígeno disuelto:

Esta determinación fue registrada con la ayuda de un oxímetro (YSI Model 57) con precisión de 0.1 mg/l (Contreras, 1994).

Dureza:

Dureza total: por el método complejométrico (A.P.H.A., 1986).

Dureza de calcio: por el método complejométrico (A. P. H.A., 1986).

Alcalinidad:

Por el método de indicadores (A.P.H.A., 1986).

Dióxido de carbono:

Por el método volumétrico (A.P.H.A., 1986).

III. MUESTREO PLANCTÓNICO.

Se realizó la toma de muestras mediante el uso de una botella Van - Dorn a 3 niveles de profundidad: 0.30 m, 2.0 m y a profundidad máxima. Esta muestra de fitoplancton (100 ml) fue fijada adicionando 2-3 gotas de acetato de lugol para que además de fijarlos también tiñan a los organismos (González, 1989). También se realizaron arrastres con una red tipo Wisconsin con abertura reducida y abertura de malla de 60 micras (durante 1 minuto a velocidad de 1 m/seg), donde los organismos obtenidos fueron fijados con formol al 10 % y neutralizado con bórax (González, 1988).

Para obtener la muestra de zooplancton, se utilizó una red standart con abertura de malla de 150 micras, se realizaron arrastres de un minuto a velocidad mínima (1 m/seg) donde la distancia recorrida fue de 60 m. aproximadamente y los organismos obtenidos fueron fijados con formol al 10 % y neutralizado con bórax (González, 1988).

El volumen filtrado se estimó mediante la ecuación del cilindro de agua recorrido:

$$V = \pi r^2 l$$

donde "v" es el volumen filtrado, "r" es igual al radio de la red y "l" la distancia recorrida.

FASE DE LABORATORIO.

A) OBSERVACIÓN Y DETERMINACIÓN DE ORGANISMOS PLANCTÓNICOS:

Este se realizó con el uso de claves taxonómicas para determinar los organismos como por ejemplo: Ortega (1994); Needhman (1978), González de Infante (1988), Morales (1996), Bourrelly (1985), Edmonson (1976), Patrick (1966) y Prescott (1970). Las muestras fueron analizadas con un microscopio óptico para el caso del zooplancton e invertido para fitoplancton en cámaras de sedimentación, las cuales, son cilindros con una altura mayor que su diámetro lo cual permite la sedimentación de los organismos.

B) RECuento DE ORGANISMOS

Este recuento de microalgas se da en la cámara de sedimentación, hasta obtener un resultado representativo (diez campos con al menos 10 organismos cada uno). Para llenar la cámara, la muestra debe ser homogeneizada, con una pipeta se toma una alícuota y se procede al vaciado, midiendo el volumen que en este caso fue de un ml de muestra y llenando hasta el borde con agua destilada, se dejó reposar 4 horas por cada cm de altura. Se utilizó el recuento por campos al azar con una lectura de 10 campos y se extrapoló al número total de campos en la cámara (315) a un litro de volumen. (Rossell et al, 1981).

Los datos de recuento serán utilizados para calcular la densidad de los organismos definida ésta como el número de individuos por unidad de volumen a diferencia de la abundancia que expresa el número de individuos en un volumen dado. (Brower & Zar, 1977).

Para el recuento, e identificación del macro y mesoplancton se utilizaron cajas de Petri cuadrículadas donde se utilizó un volumen de 1 ml, lo que permitió examinar una porción exacta, además de una visualización rápida por lo que también deben ser delgadas en espesor (González, 1989).

FASE DE GABINETE:

Está última fase incluyó algunas de las técnicas del Análisis Exploratorio de los Datos para poder explicar el comportamiento de los mismos.

El análisis Exploratorio de Datos (AED) proporciona al analista de datos una serie de técnicas para explorar los valores numéricos y centrar la atención en sus características prominentes por medio de resúmenes numéricos y gráficos. Estos procedimientos enfatizan un análisis flexible de los datos, a menudo antes de compararlos con algún modelo probabilístico (Salgado, 1992).

Se utilizó el diagrama de cajas múltiples con muesca, ya que este nos permiten visualizar el comportamiento general de cada grupo de datos y conocer la ubicación de su mediana, su distribución, datos extraordinarios y grado de variación. Además de que permite comparar diversos grupos de datos. Se utilizó esta técnica para el análisis físico y químicos para esta presa.

Para el análisis del plancton se prefirió mostrar los diagramas de barras (Spiegel, 1991) en vez de los diagramas de cajas múltiples por su dificultad para establecer la superposición de muescas y la existencia de datos extraordinarios que no eran incluidos en las cajas.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para detectar diferencias entre los datos correspondientes a los meses de muestreo, estaciones y niveles. El resultado indica que si existen diferencias, por lo que se procedió a efectuar una prueba de rangos múltiples con un $\alpha = 0.05$ y utilizando una "t" de Student.

PARÁMETROS HIDROLOGICOS.

Para el análisis de los parámetros hidrológicos fue necesario registrar también las condiciones ambientales tales como: nubosidad y temperatura ambiental los cuales influyen en la temperatura del agua, pH, oxígeno y bióxido de carbono, así como dureza (total y por calcio) y alcalinidad (total y a la fenofaleína).

A continuación se analizan los parámetros obtenidos:

VISIBILIDAD.

La luz es un factor limitante para la vida en el agua, la luz que penetra pierde intensidad al adentrarse en ella debido a factores como la cantidad de materia en suspensión. La penetrabilidad de la luz se mide a través de la visibilidad al disco de Secchi (Contreras, 1994).

La visibilidad al disco de Secchi con el diagrama de cajas múltiples con muesca (Figura 5) para los meses de marzo a diciembre en que se trabaja la zona limnetica no existe diferencia significativa notable entre mes y mes, dado que existe una sobreposición de muescas, se realizó también una prueba de rangos múltiples basada en los análisis de varianza de los resultados obteniendo sólo diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en los meses julio y agosto con respecto a los demás (Apéndice I). Se observa una tendencia a disminuir en los meses de julio y agosto con un promedio de 36 a 20 cm, para después aumentar a un valor promedio de 45 cm. Este parámetro es importante ya que con el se da la medida de la penetración de luz, esto quiere decir que es 2.4 veces la visibilidad al disco de Secchi (Margalef, 1983), el conocer este método nos ayuda a establecer la profundidad de la zona fótica.

Es necesario recalcar de que se muestreo en la zona litoral en los meses de enero y febrero obteniéndose un promedio de 45 cm, no encontrando diferencias significativas ni en los diagramas de cajas, ni en la prueba de rangos múltiples (Figura 6 y apéndice 1). Por estación de muestreo se puede observar en la figura 7 que la visibilidad al disco de Secchi no presenta diferencias significativas aunque en las tres últimas estaciones tiende a disminuir debido a que son las estaciones más someras y por lo tanto con más material en suspensión.

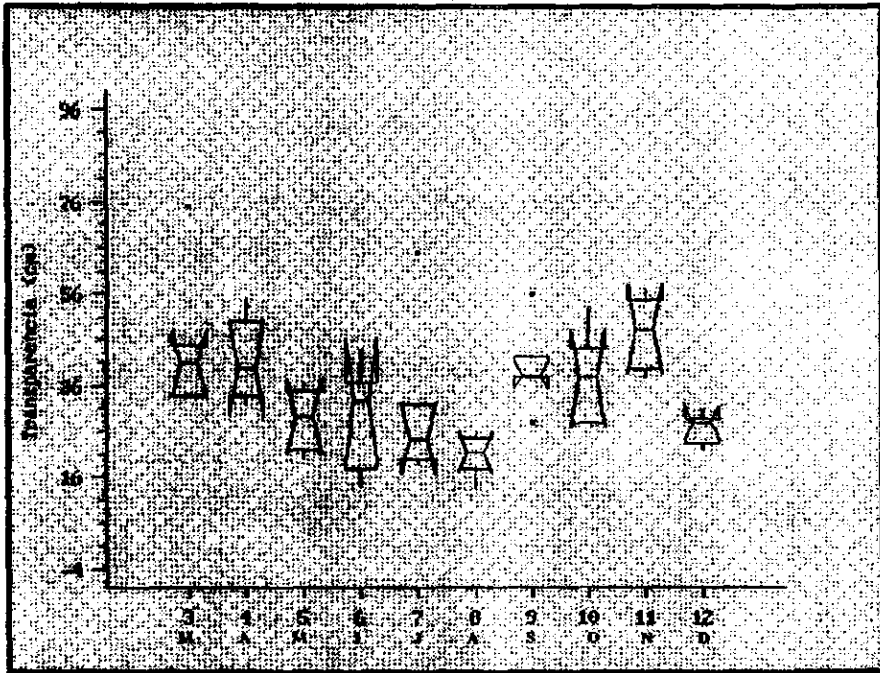


Figura 5.- Variación mensual de la Visibilidad al disco de Secchi

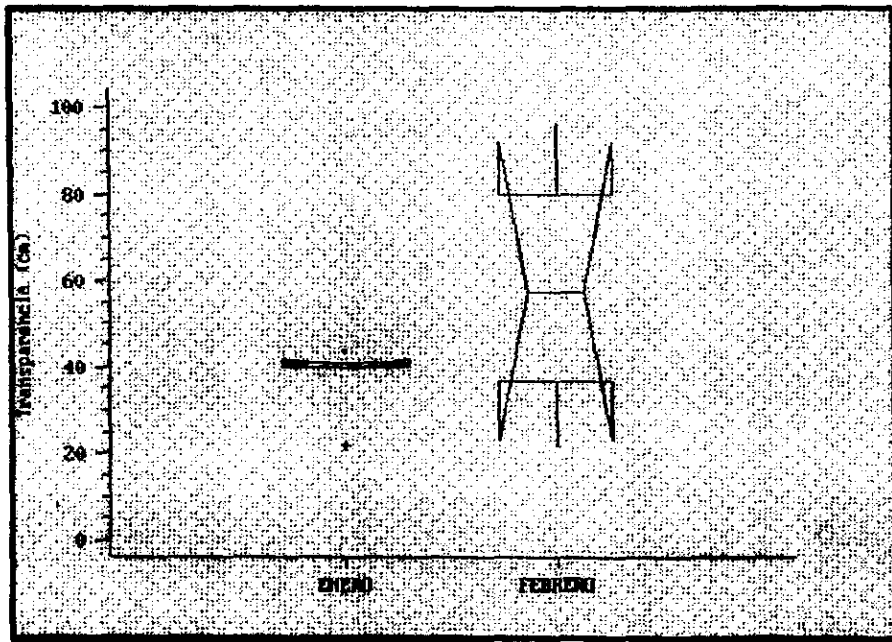


Figura 6.- Variación mensual para la Visibilidad al disco de Secchi para la zona litoral.

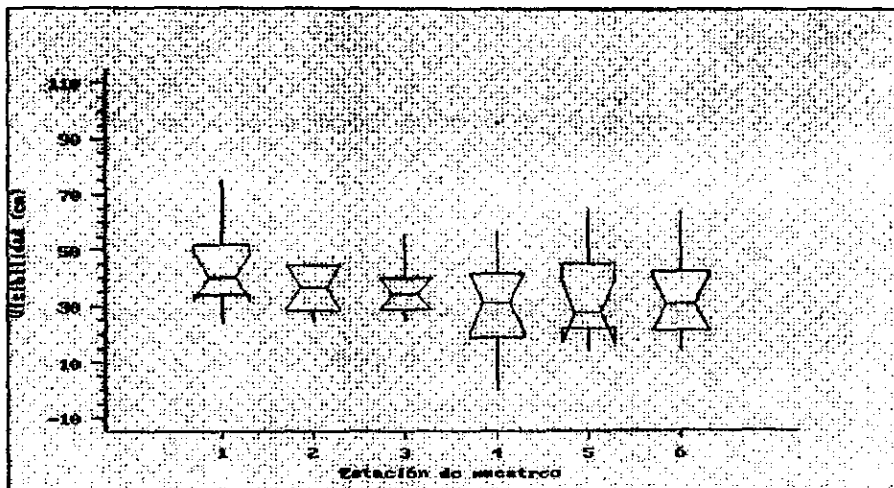


Figura 7.- Variación por estación de muestreo para la visibilidad al disco de Secchi

TEMPERATURA AMBIENTAL

En el análisis de la temperatura ambiental se nota que los meses de invierno presentan los valores más bajos (15-18 °C), mientras que las temperaturas más altas se registran en verano con un máximo de 25 °C en el mes de septiembre. Debido a que la zona se encuentra bajo un clima templado y es más influenciado por la temporada de lluvias y sequías (Figura 8).

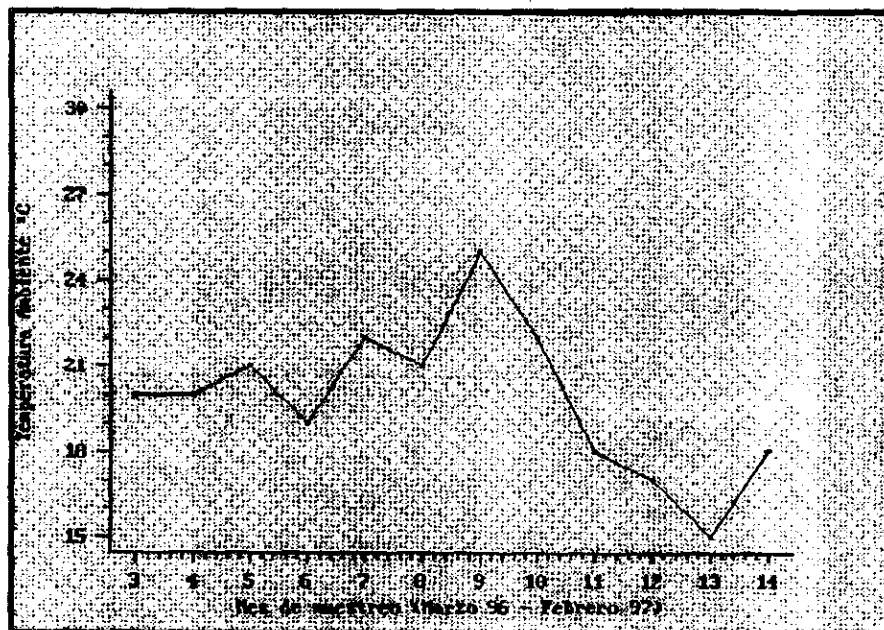


Figura 8.- Gráfica de la temperatura ambiental en los meses de muestreo.

TEMPERATURA DEL AGUA.

La temperatura del agua tiene un efecto sobre los procesos químicos y biológicos del ecosistema acuático, y permite determinar si existe estratificación térmica a lo largo de la columna de agua.

En lo referente a la temperatura del medio acuático, presenta valores que van a oscilar entre 17 y 23 °C dependiendo de la época del año, teniendo un máximo de 30 °C en el mes de septiembre (fines de verano) y un mínimo de 12 °C en el mes de marzo (fines de invierno; figura 9). La prueba de rangos múltiples ($\alpha=0.05$) nos indica diferencias significativas entre todos los meses de muestreo (Apéndice 1). La Figura 10 muestra el análisis de cajas para la temperatura del agua en los meses de enero y febrero en que se trabajó la zona litoral,

observando que no existen diferencias entre ambas, lo que se corrobora con el análisis estadístico realizado (Apéndice 1).

Analizando los diagramas de cajas se observa que ni por nivel ni por estación existe una diferencia significativa, solamente una ligera tendencia a disminuir en el nivel más profundo (4 - 6 metros) la prueba de rangos múltiples nos muestra sólo diferencias significativas entre los niveles uno (0.30 m) y tres (profundidad máxima, apéndice 1), en general se puede decir que depende de la hora de la toma de muestra. (Figura 11 y 12).

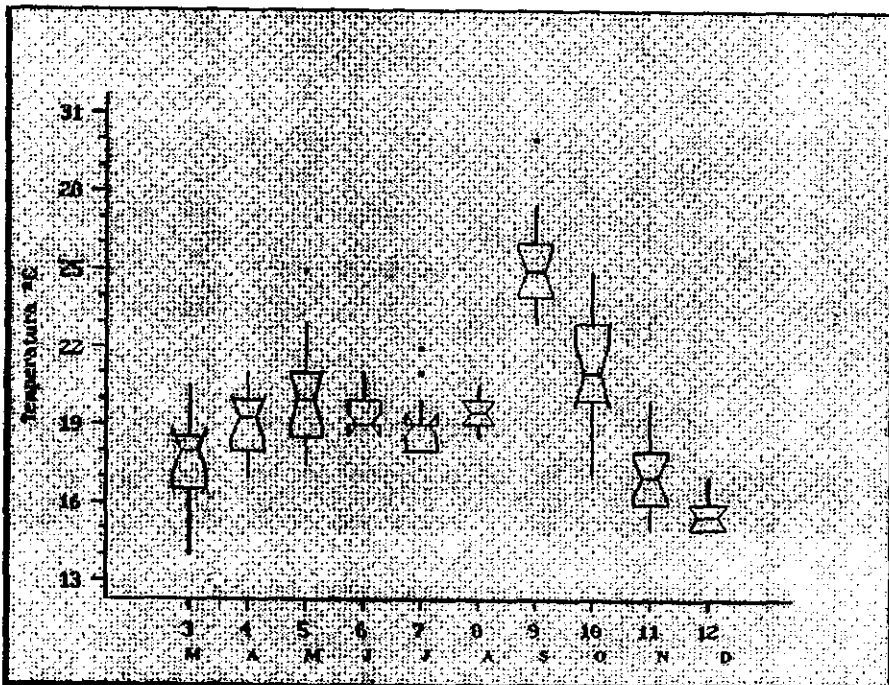


Figura 9.- Variación mensual de la temperatura.

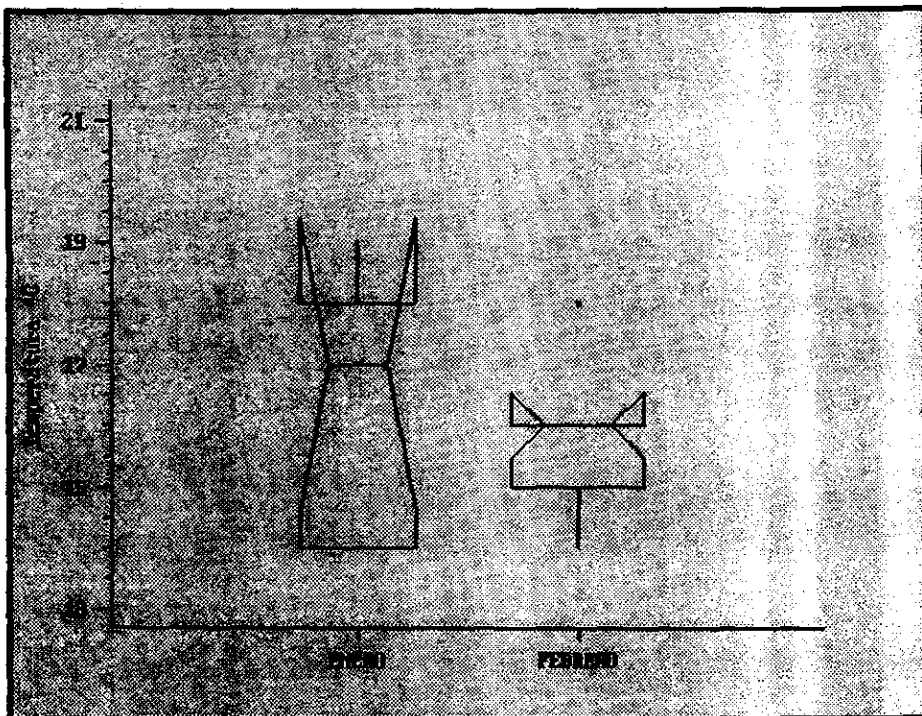


Figura 10.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para la temperatura en la zona litoral.

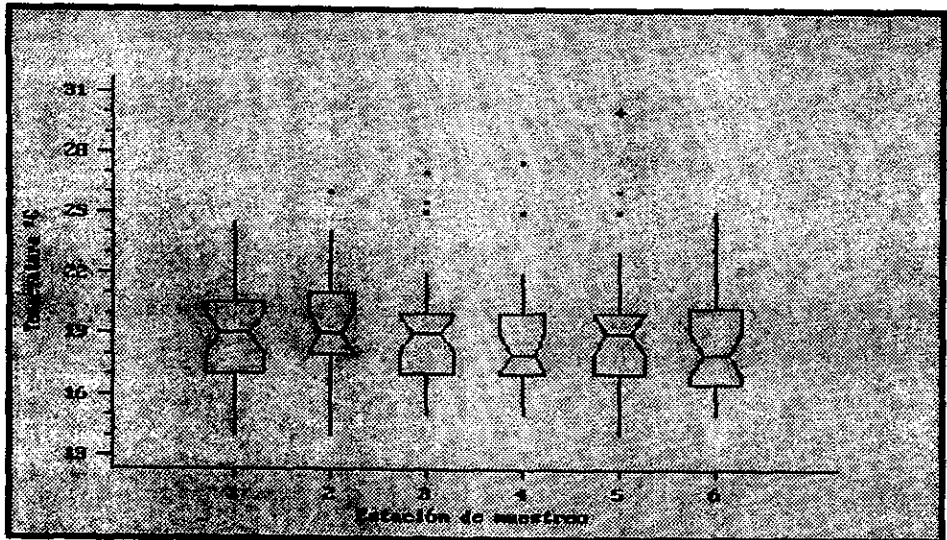


Figura 11.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para la temperatura.

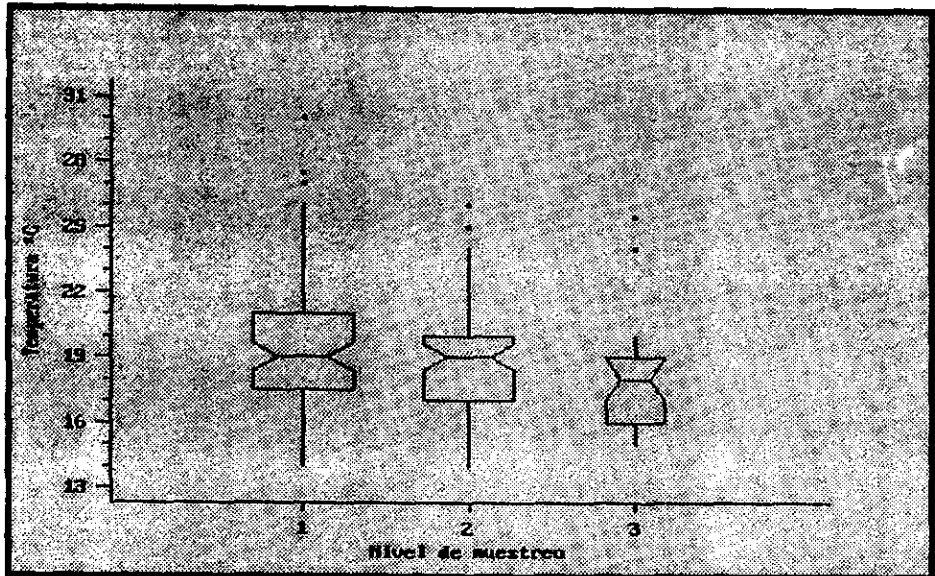


Figura 12.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por nivel de muestreo para la temperatura.

PH.

Este parámetro se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones hidrógenos libres, podemos notar que este parámetro presenta fluctuaciones a lo largo del año con un rango entre 6 y 8, con los valores menores en los meses invernales manteniéndose en general dentro de los niveles adecuados para la vida acuática (6 - 9 Bardach, 1986) (Figura 13), la prueba de rangos múltiples muestra las diferencias significativas que existen entre los meses de muestreo (ver apéndice 1). La figura 14 muestra las cajas para la zona litoral donde no se perciben diferencias significativas al igual que en la prueba de rangos múltiples y el pH presenta valores entre 6.1 y 7.9.

Por estación de muestreo se da un ligero aumento en las estaciones 4, 5 y 6, debido tal vez a que se da una mayor actividad humana (zona de pesca, embarcadero, ruta del transbordador así como su cercanía al poblado de Villa Victoria) lo que incrementa la adición de detergentes y otros desechos (Figura 15). El análisis de la prueba de rangos múltiples nos indica diferencias entre las estaciones 1-4, 1-5, 1-6, 3-4 y 3-6 (Apéndice 1). Analizando el comportamiento por nivel podemos notar que existe una disminución hasta un mínimo de 5 en la profundidad máxima (4 - 6 metros) debida al aumento en la concentración de bióxido de carbono que le da al agua un carácter ácido.(figura 16). La prueba de rangos múltiples corrobora que existen diferencias significativas entre las estaciones 1-3 y 2-3 (Apéndice 1).

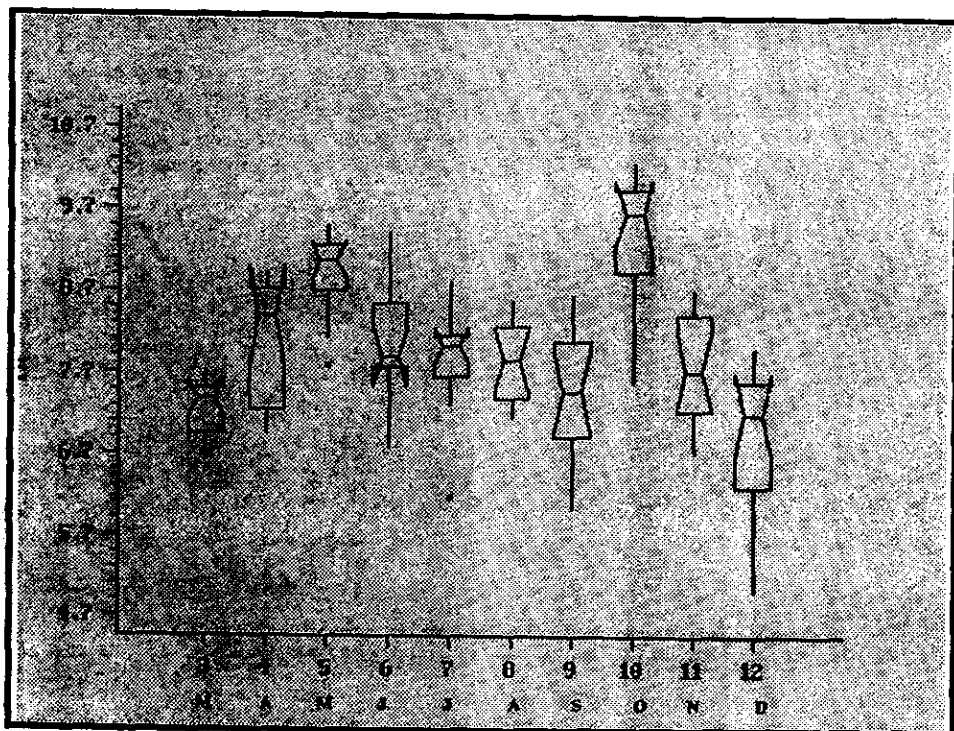


Figura 13.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para el pH. a lo largo de un ciclo anual.

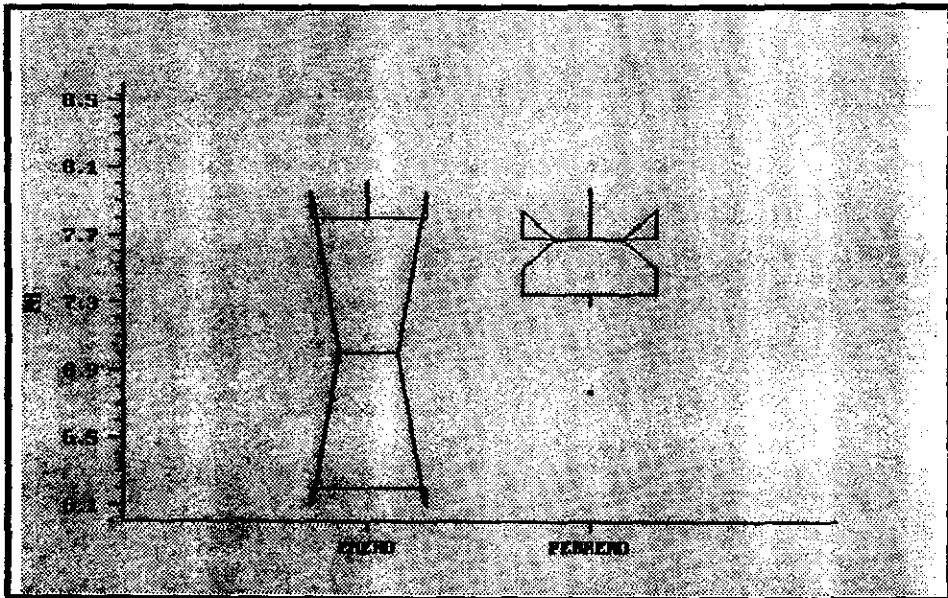


Figura 14.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para el pH. a lo largo de un ciclo anual para la zona litoral

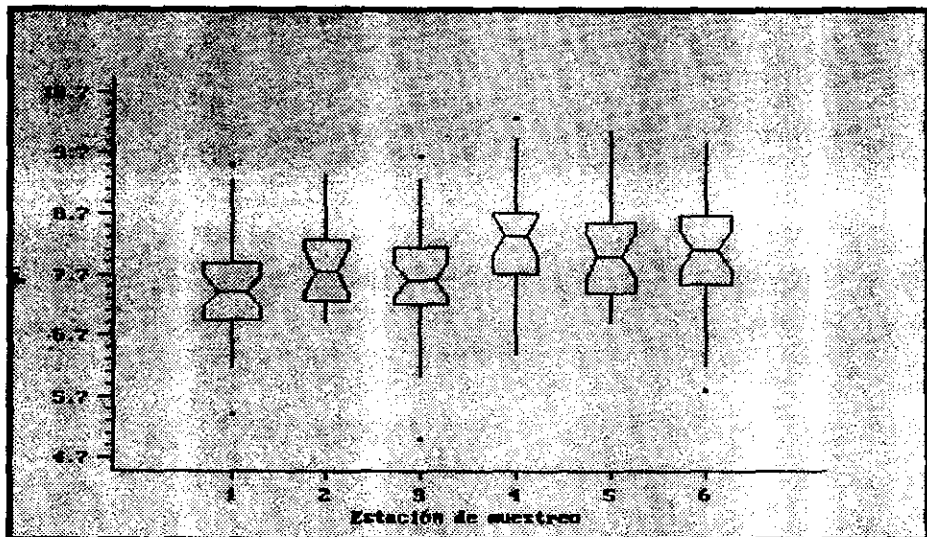


Figura 15.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para el pH. a lo largo de un ciclo anual.

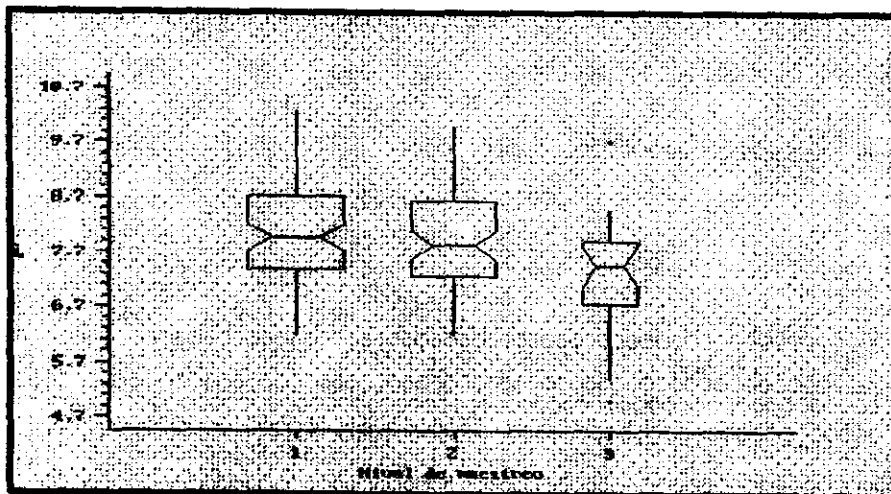


Figura 16.- Variación por nivel de muestreo para el PH. a lo largo de un ciclo anual.

OXIGENO.

Este va a ser el parámetro más importante de los seres vivos ya que sin el no habría vida, lo mismo pasa en el agua ya que va a ser esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobio al disminuir la temperatura del agua el oxígeno aumenta su solubilidad en el agua. Podemos notar en los resultados de diagramas de cajas que el oxígeno fluctúa entre 5 y 10 mg O₂/lt (Figura 17), los meses de primavera presentan los valores más altos posiblemente debido al florecimiento del fitoplancton que aprovecha el aumento de temperatura, la energía y los nutrientes disponibles. En el apéndice 1 se muestra una tabla resumida de las pruebas de rangos múltiples que muestra las diferencias significativas que existen entre los meses de muestreo dada principalmente por el grupo de primavera (marzo, abril y mayo) y el mes de septiembre que presenta valores más altos que los meses adyacentes. La figura 18 muestra los valores de oxígeno para los meses de enero y febrero observando una diferencia significativa entre ambos lo que corrobora con la prueba de rangos múltiples (Apéndice 1).

El análisis del diagrama por estaciones nos muestra que no existen diferencias significativas, que las muestras se superponen unas a otras, la prueba de rangos múltiples detecta diferencias entre las estaciones 1-2, 1-4, 1-5 y 3-5 con esto nos damos cuenta que un análisis más fino puede sacar a relucir diferencias que no son visibles en un diagrama de cajas. Mientras que el análisis por nivel muestra una disminución hasta 2 mg O₂/lt en el máximo nivel de

profundidad debido a un mayor consumo por la respiración de los organismos, descomposición de la materia orgánica y ausencia de organismos productores. (Figura 19 y 20). la prueba de rangos múltiples muestra diferencias significativas entre los tres niveles (1-2, 1-3 y 2-3).

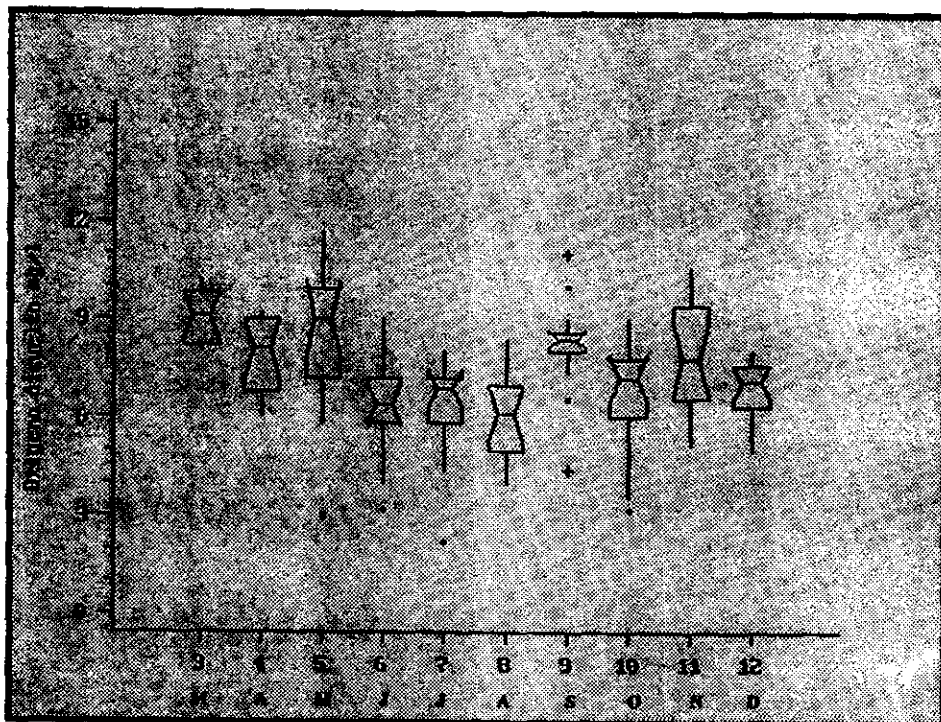


Figura 17.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para el oxígeno a lo largo de un ciclo anual.

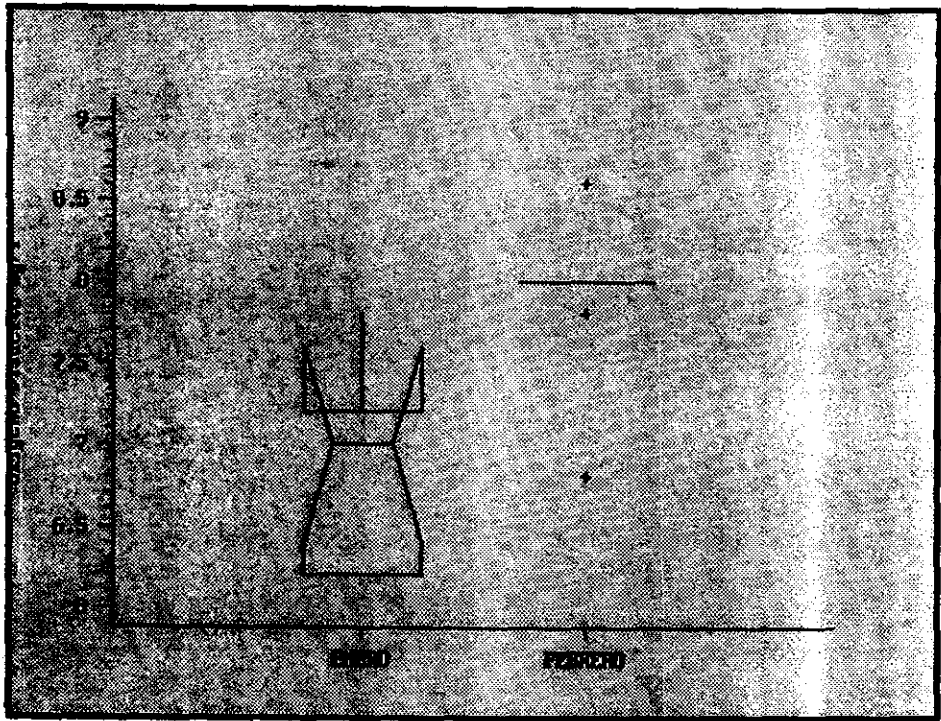


Figura 18. - Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para el oxígeno a lo largo de un ciclo anual para la zona litoral.

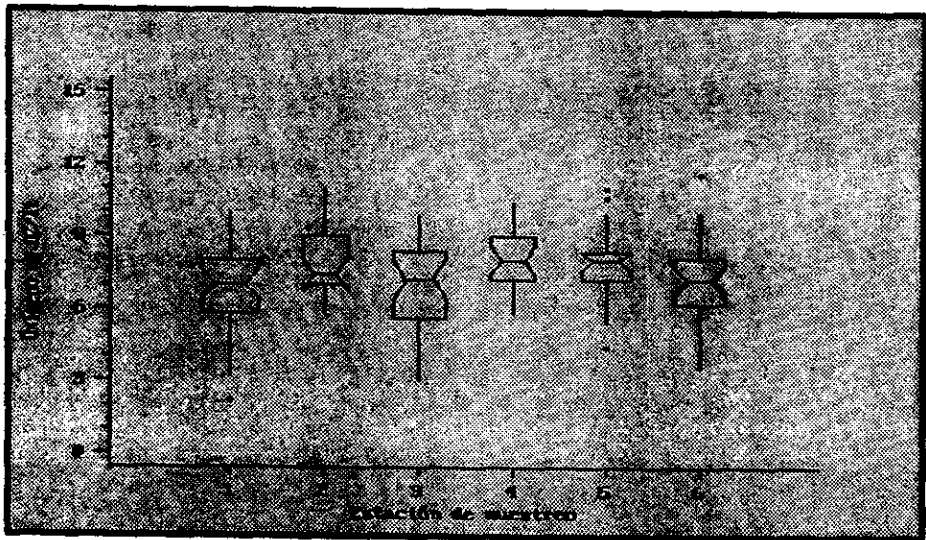


Figura 19.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para el oxígeno a lo largo de un ciclo anual.

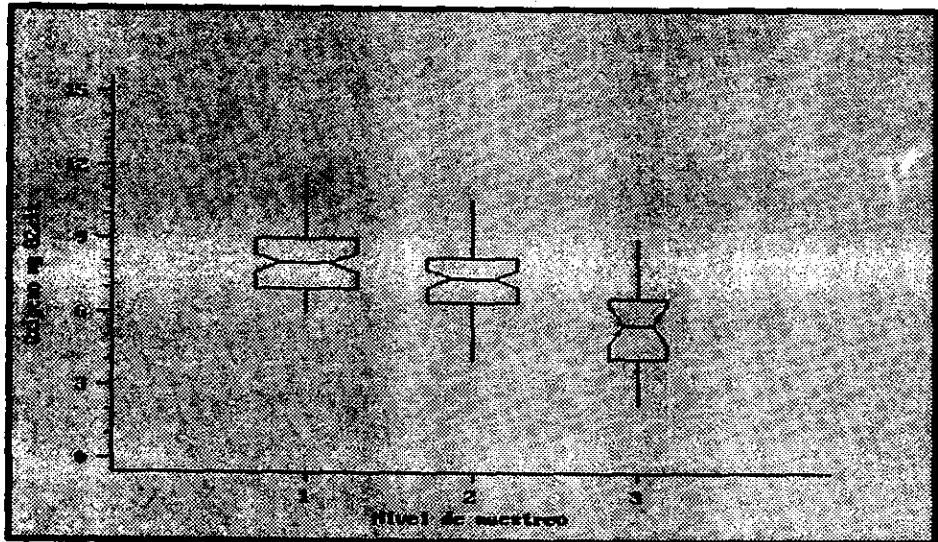


Figura 20.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por nivel de muestreo para el oxígeno a lo largo de un ciclo anual.

BIOXIDO DE CARBONO.

Los valores que se registraron oscilan de cero a 4 mg CO₂/lt (Figura 21) notando que en los dos últimos meses (zona litoral) existe un aumento que va desde 4 a 12 mg CO₂/lt, esto se puede explicar a la presencia de un mayor número de organismos animales (alevines, copépodos, etc.), así como el proceso de descomposición de materia orgánica, que es abundante en la zona litoral hecho que fue observado directamente en la zona, al existir animales que llegaban a abreviar y que contribuían a la acumulación de desechos orgánicos en los litorales de la presa (Figura 22). La prueba de rangos múltiples nos indica diferencias significativas entre los meses 3-11 y 4-11 (Apéndice 1), debido a que en los meses 3 y 4 no presentan ningún valor ya que los resultados en la concentración de bióxido de carbono fueron de cero, mientras que en el mes de noviembre se presentan cuatro resultados. La prueba de rangos múltiples para los meses de enero y febrero en la zona litoral muestra diferencias significativas entre ambos.

Analizando la concentración de bióxido de carbono por estaciones se puede decir que no hay diferencias significativas, aunque la prueba de rangos múltiples nos muestre que si existen diferencias significativas entre las estaciones 1-5, 3-5 y 5-6 debidas a la presencia de datos numéricos que se presentan fuera del comportamiento esperado, debido a la alta dinámica de este gas (Figura 23). El análisis de bióxido de carbono por nivel nos muestra un aumento en la profundidad máxima, debido al proceso de descomposición que se realiza en el fondo del sistema, estableciéndose una relación inversa con el comportamiento del oxígeno disuelto, ya que a mayor cantidad de oxígeno menor cantidad de bióxido de carbono (Figura 24). La prueba de rangos múltiples nos evidencia la diferencia entre los niveles 1-3 y 2-3.

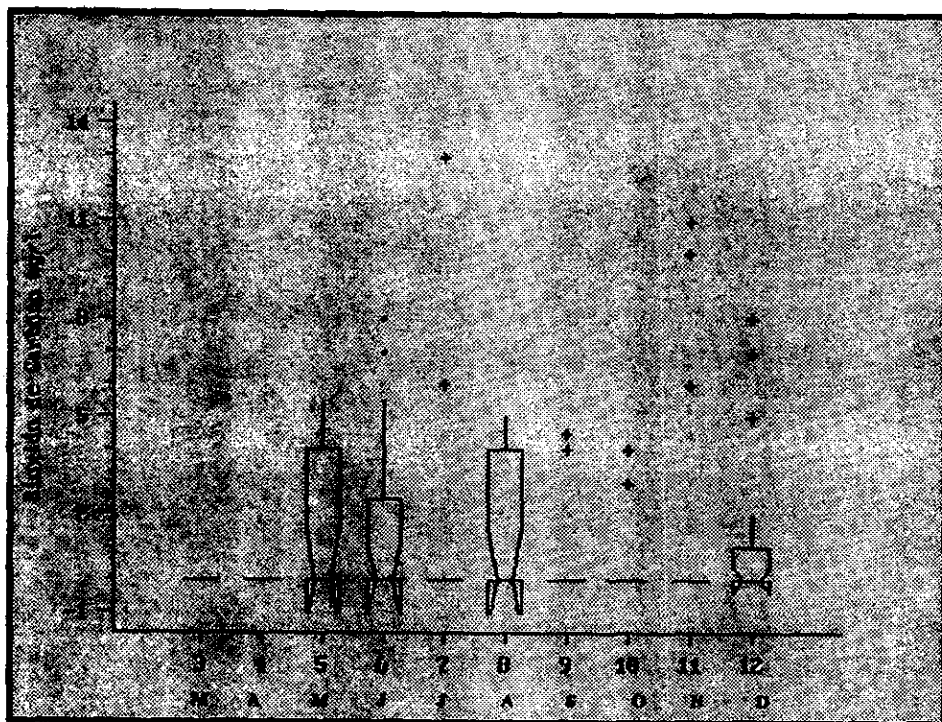


Figura 21.- Diagrama de cajas múltiples con muestra por mes de muestreo para el bióxido de carbono a lo largo de un ciclo anual.

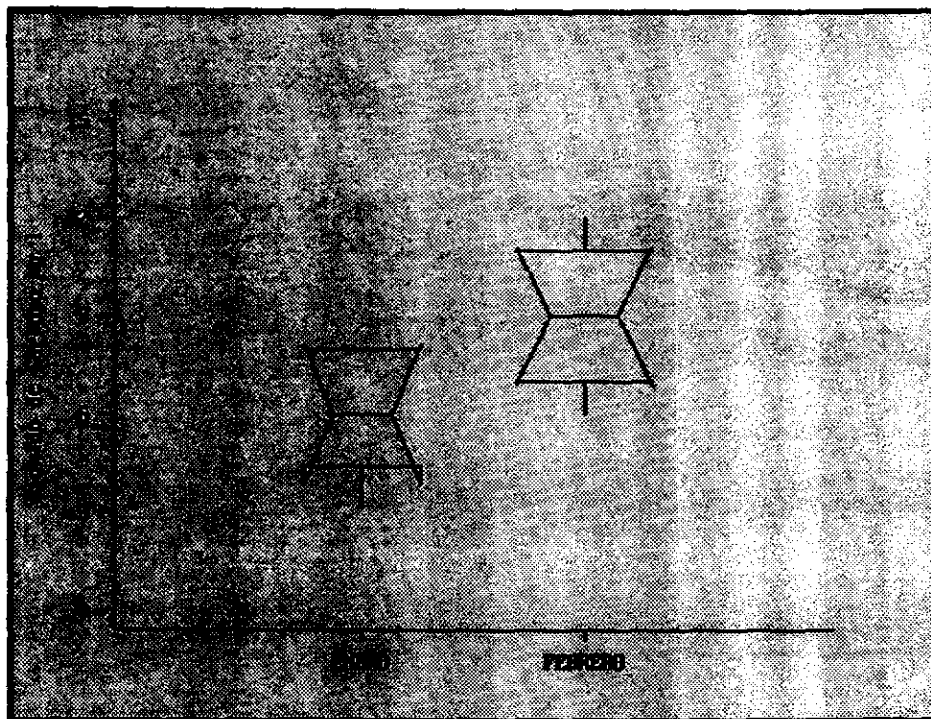


Figura 22.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para el bióxido de carbono a lo largo de un ciclo anual para la zona litoral.

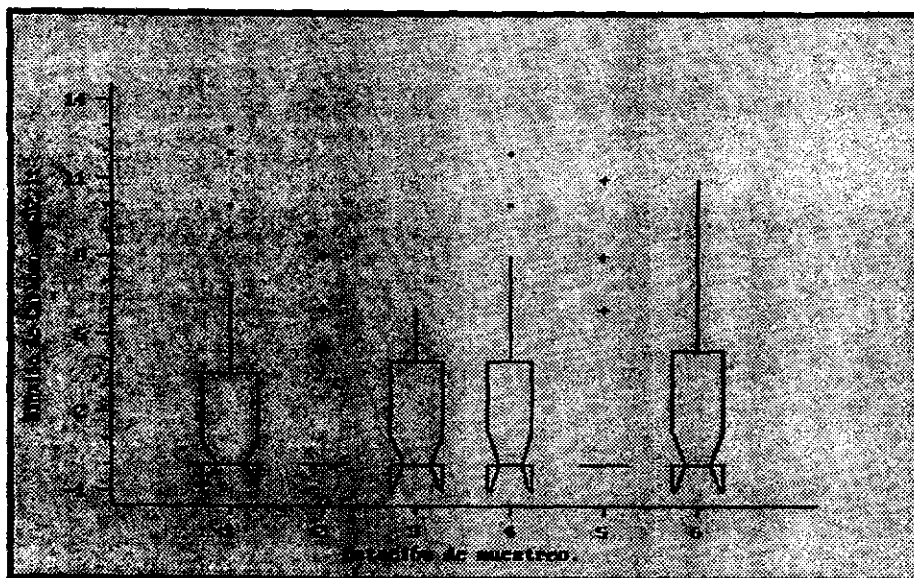


Figura 23.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para el bióxido de carbono a lo largo de un ciclo anual.

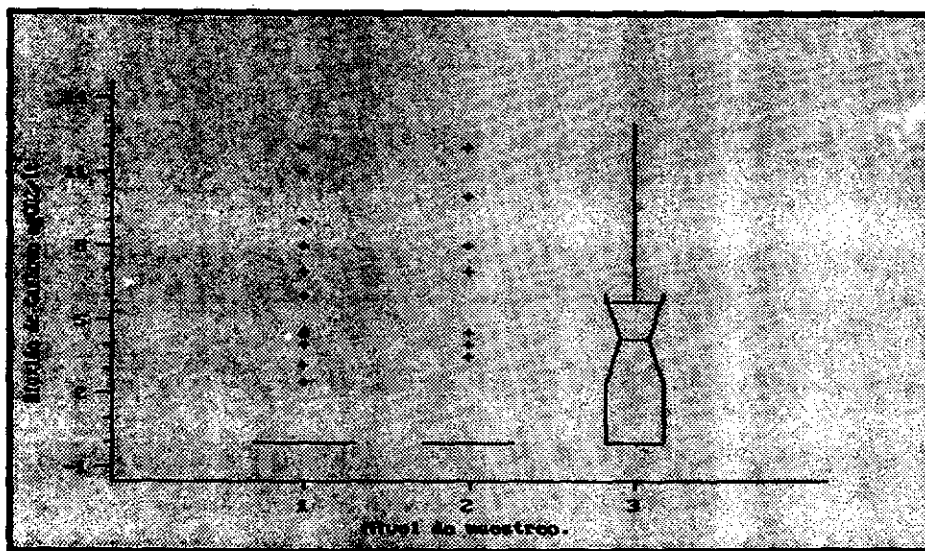


Figura 24.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por nivel de muestreo para el bióxido de carbono a lo largo de un ciclo anual.

ALCALINIDAD.

La alcalinidad está referida a la cantidad y clase de compuestos (carbonatos y bicarbonatos principalmente, aunque también se debe a los hidroxilos, silicatos, amonio y varios compuestos orgánicos) que en conjunto modifican el pH (contribuyendo a aumentar el valor de pH) los bicarbonatos (HCO_3) representan el 80% del carbono del agua, a valores de pH menores de 7, el 20% restante esta en forma de bióxido de carbono (CO_2) a un valor de pH mayor de 8.5 estará en forma de iones carbonato (CO_3^{2-}) (Contreras., 1994). La alcalinidad a la fenoftaleina dada por carbonatos presentó en su mayoría valores de cero, por lo que el presente análisis se centra en los resultados para la alcalinidad total que es la suma de carbonatos y bicarbonatos.

Podemos observar en la Figura 25 referente a un ciclo anual la alcalinidad fluctúa entre 36 y 54 mg CaCO_3/lt donde los menores valores corresponden a los meses de julio a diciembre que comprenden a la época de lluvias. El análisis de rangos múltiples muestra diversas diferencias entre los meses de muestreo (ver apéndice 1). En la figura 26 podemos observar en el análisis de cajas que no existen diferencias significativas entre los meses de enero y febrero, corroborado por la prueba de rangos múltiples.

El análisis del diagrama de cajas múltiples por estación nos muestra que no se dan diferencias significativas entre las mismas (Figura 27), aunque la prueba de rangos múltiples presenta diferencias entre la estación 1-5 debido al valor más amplio en el bigote inferior, encontrando diferencias entre los niveles 1-3 y 2-3 en el análisis por nivel de muestreo (Figura 28, Apéndice 1).

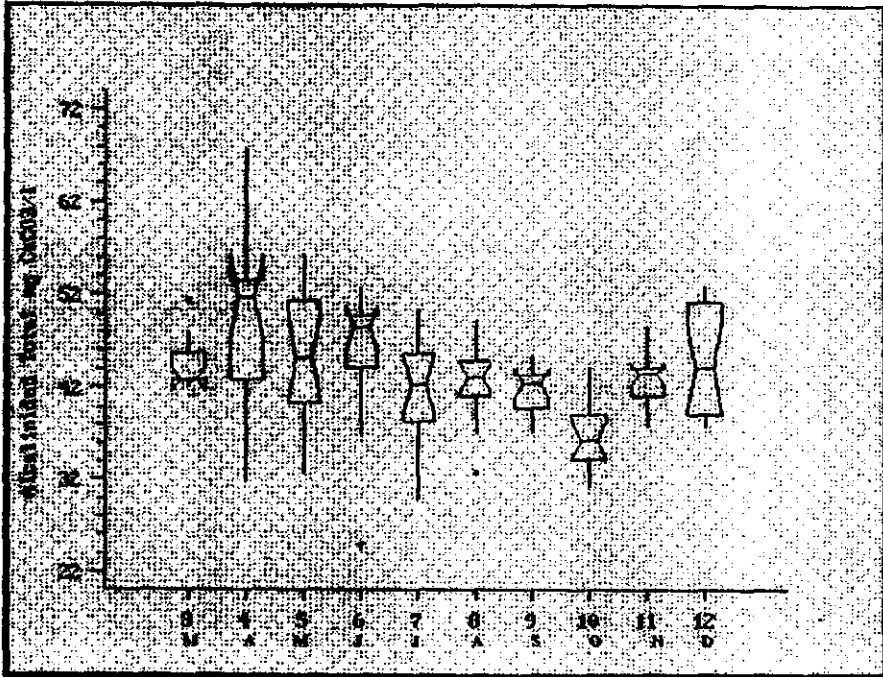


Figura 25.- Variación mensual de la Alcalinidad Total.

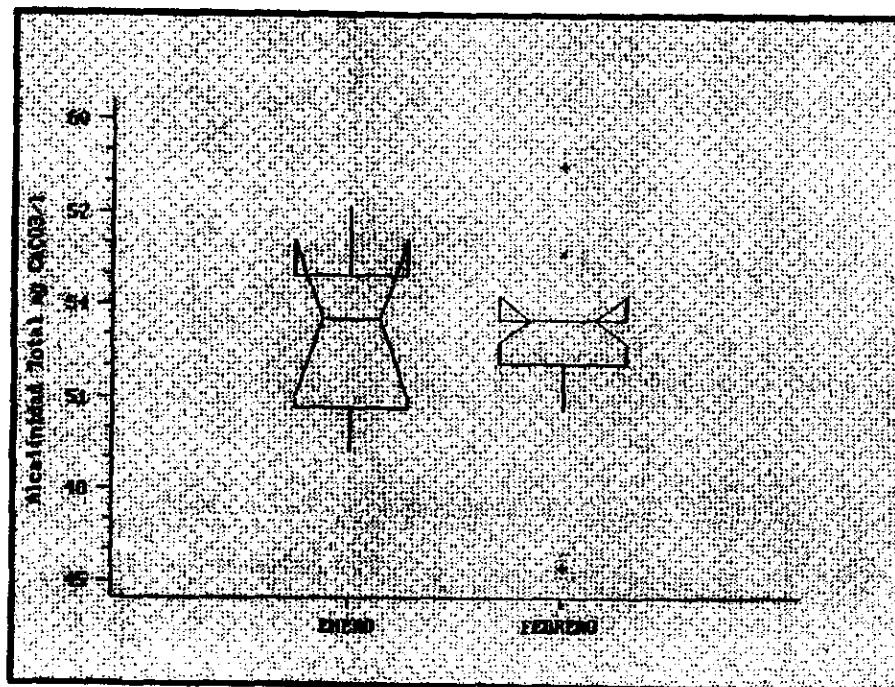


Figura 26.- Variación mensual para la Alcalinidad Total para la zona litoral.

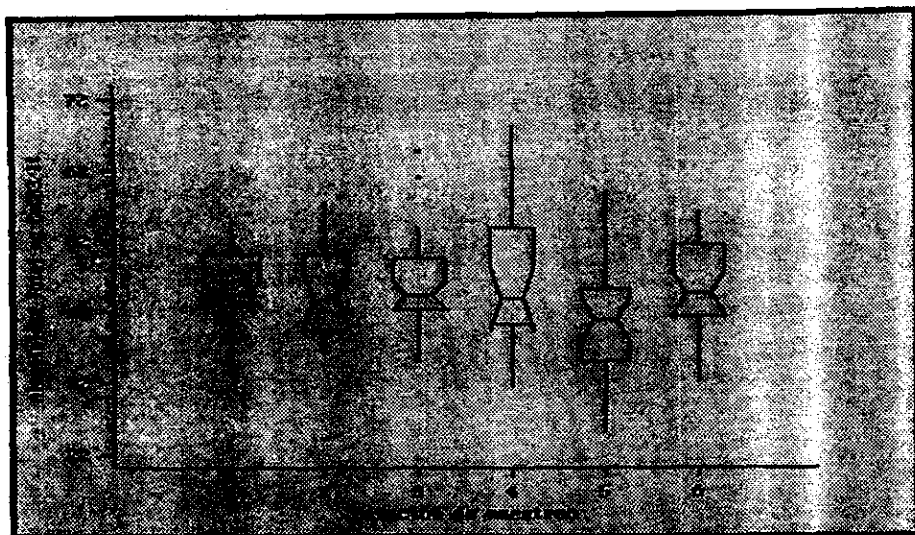


figura 27.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para la Alcalinidad Total a lo largo de un ciclo anual.

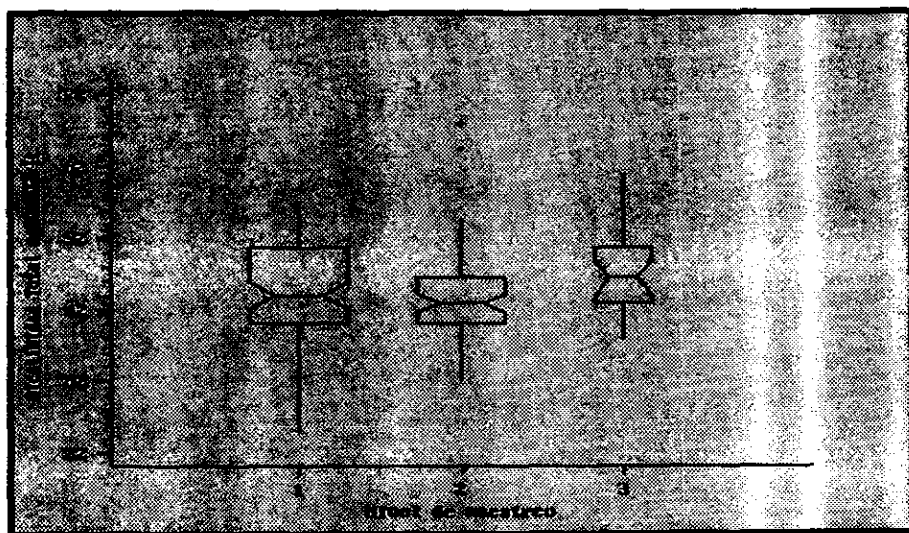


Figura 28.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por nivel de muestreo para la alcalinidad Total a lo largo de un ciclo anual.

DUREZA.

La dureza va a estar regida por el contenido de sales de calcio y magnesio los cuales se combinan fácilmente con los carbonatos y bicarbonatos y además con los sulfatos, cloruros y otros aniones de ácidos minerales, para este estudio se puede notar que la dureza total a través de los meses de muestreo varía en un rango de 30 a 45 mg CaCO_3/l presentándose variaciones en el largo de las cajas en el diagrama (Figura 29). La prueba de rangos múltiples detecta diferencias significativas entre pares de meses de muestreo. (ver apéndice 1). La figura 30 nos muestra el diagrama de cajas múltiples, donde se logra notar diferencia significativa entre los meses de enero y febrero, apoyado por la prueba de rangos múltiples (Apéndice 1).

En las figura 31 y 32 se representan los diagramas de cajas por estación y por nivel respectivamente, donde podemos notar que no existe variación significativa en ninguna de ellas. La prueba de rangos múltiples tampoco detecta diferencias.

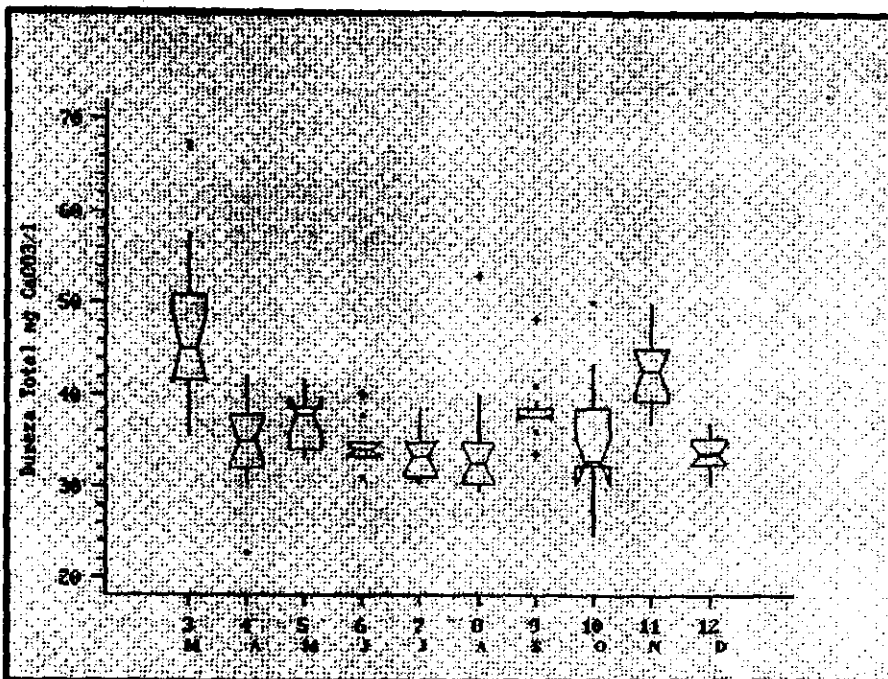


Figura 29.- Variación anual para la Dureza Total

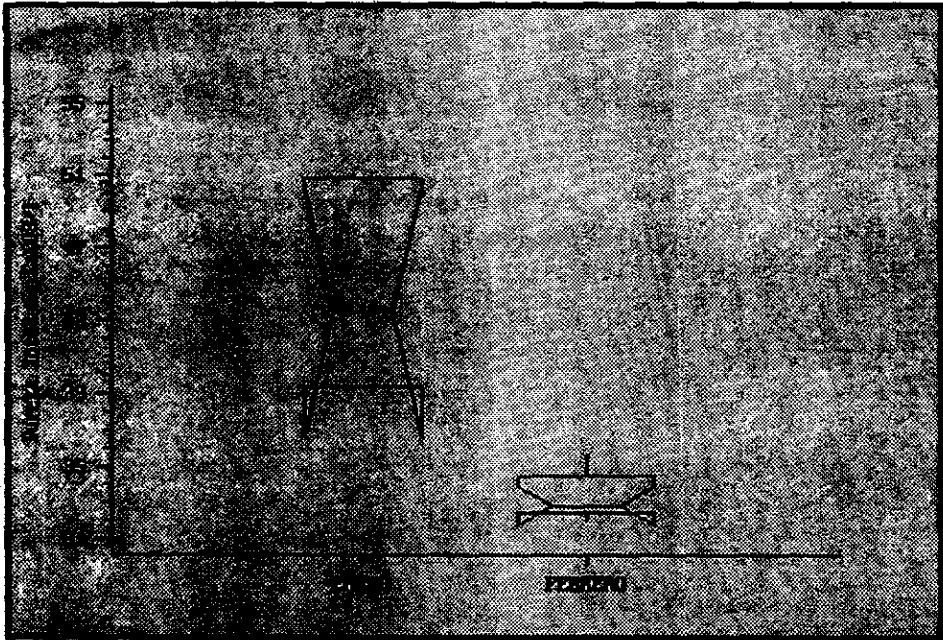


Figura 30.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por mes de muestreo para la Dureza Total a lo largo de un ciclo anual para la zona litoral.

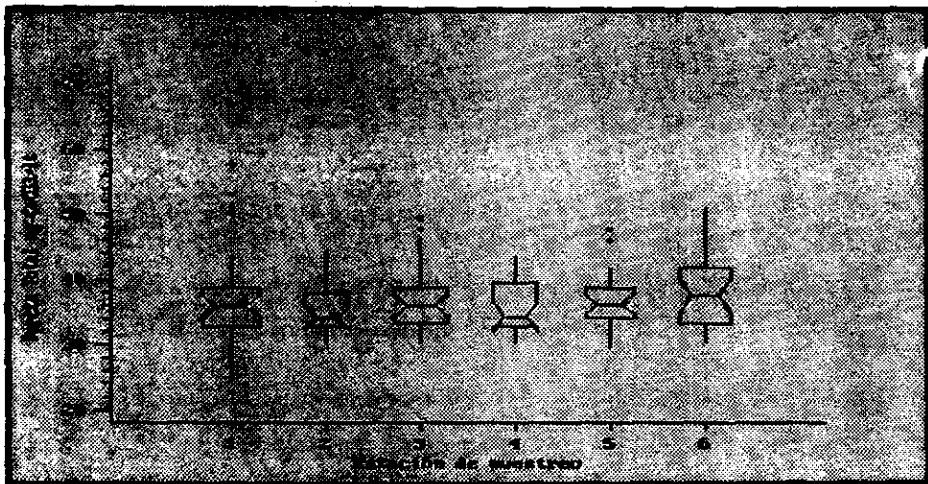


Figura 31.- Diagrama de cajas múltiples con muesca por estación de muestreo para la Dureza Total a lo largo de un ciclo anual.

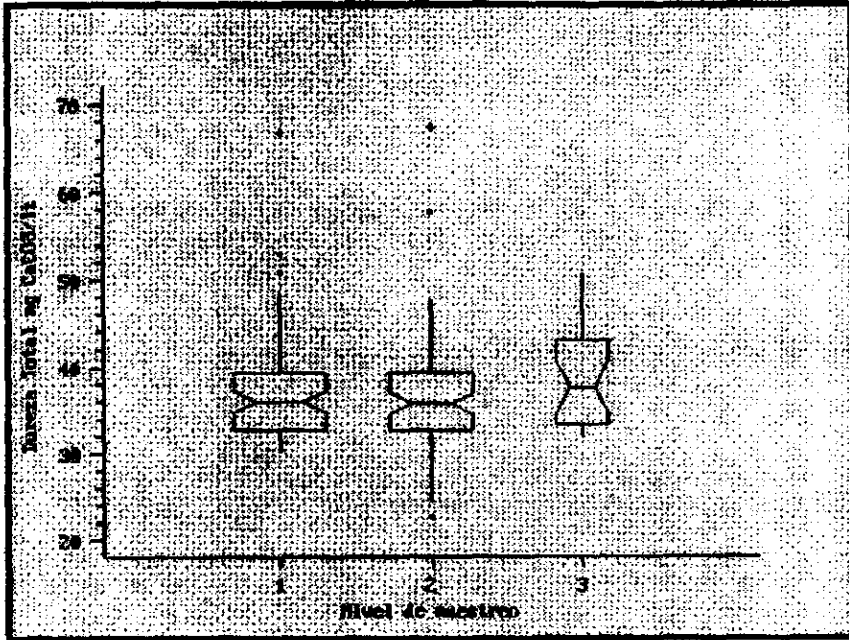


Figura 32.- Variación por nivel de muestreo para la Dureza Total.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A continuación se enlista a los organismos determinados en este estudio:

LISTA DE ESPECIES DE ORGANISMOS FITOPLANCTÓNICOS.**DIVISION CHRYSOPHYTA.**

Asterionella formosa.
Aulacoseira italica.
Cymbella brevistriata
Fragilaria crotonensis.
Gomphonema gracile.
Gomphonema crotonensis.
Gomphonema truncatum.
Navicula platalea
Navicula sp..
Nitzschia lanceolata.
Stephanodiscus niagarae.
Pinnularia sp.

DIVISION CYANOPHYTA.

Anabaena aequalis.
Anabaena oscillarioides.
Aphanizomenon sp.
Merismopedia tenuissima.
Microcystis aeruginosa.
Spirulina sp.
Oscillatoria sp.

DIVISION CHLOROPHYTA.

Ankistrodesmus falcatus.
Chlorella miniata.
Closterium acutum.
Coelastrum microporum.
Crucigenia tetrapedia.
Golenkinia radiata.
Kirchneriella lunaris.
Pediastrum duplex.
Pediastrum tetras.
Scenedesmus arcuatus.
Scenedesmus bicaudatus.
Scenedesmus dimorphus.
Scenedesmus quadricauda.
Staurastrum ellipticum.
Staurastrum paradoxum.
Tetraedron regulare.

DIVISION EUGLENOPHYTA.

Phacus pleuronectes.

DIVISION PIRROPHYTA.

Ceratium hirundinella.

LISTA DE ORGANISMOS ZOOPLANCTÓNICOS.

Phyllum Arthropoda

Clase Crustácea

*** Orden Copépoda**

Mesocyclops sp.

Eucyclops sp.

Larva nauplio

*** Orden Cladocera**

Daphnia sp.

Bosmina longirostris

Phyllum Rotifera

Keratella cochlearis.

**Fotografías de algunos organismos planctónicos
presentes en la presa Villa Victoria.**



Figura 33.- *Staurastrum* sp.



Figura 34.- *Scenedesmus quadricauda*

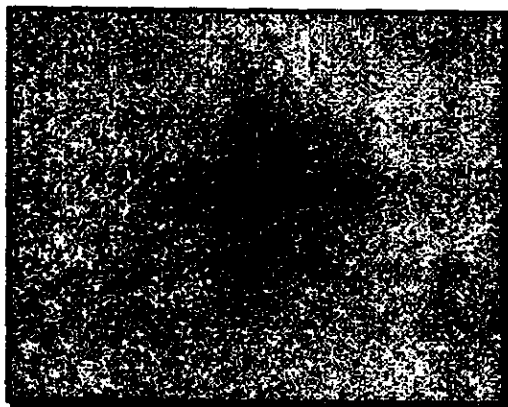


Figura 35.- *Scenedesmus acuminatus*



Figura 36.- *Pediastrum duplex*

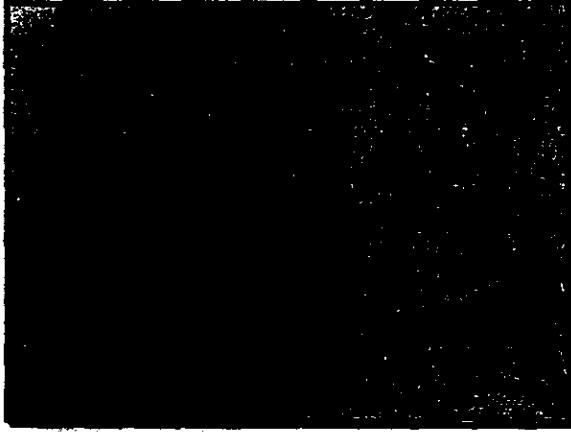


Figura 37.- *Aulacoseira italica*

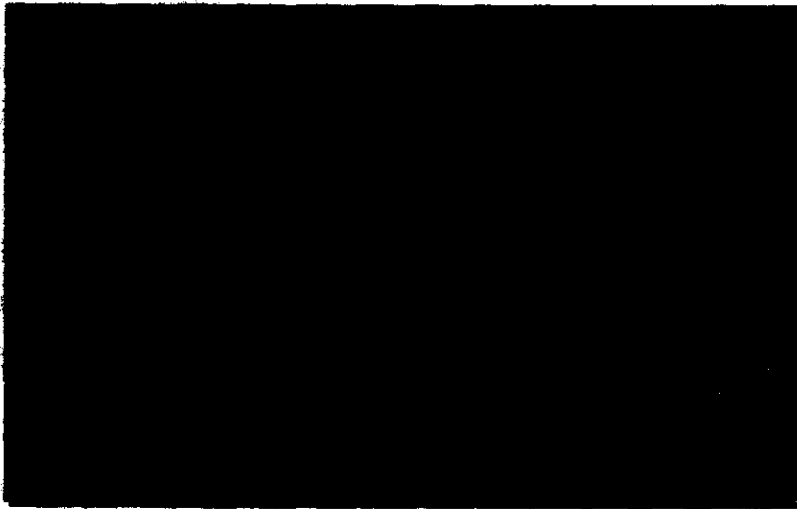


Figura 38.- *Gomphonema sp.*



Figura 39.- *Pinnularia* sp



Figura 40.- *Fragillaria* sp.

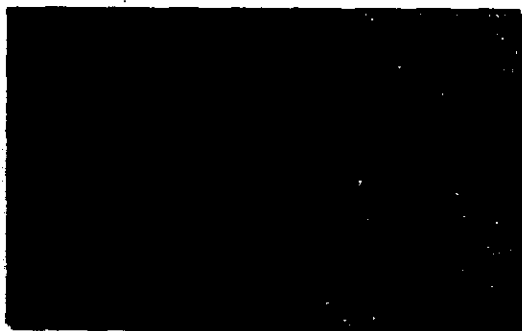


Figura 41.- *Navicula sp*



Figura 42.- *Asterionella formosa*

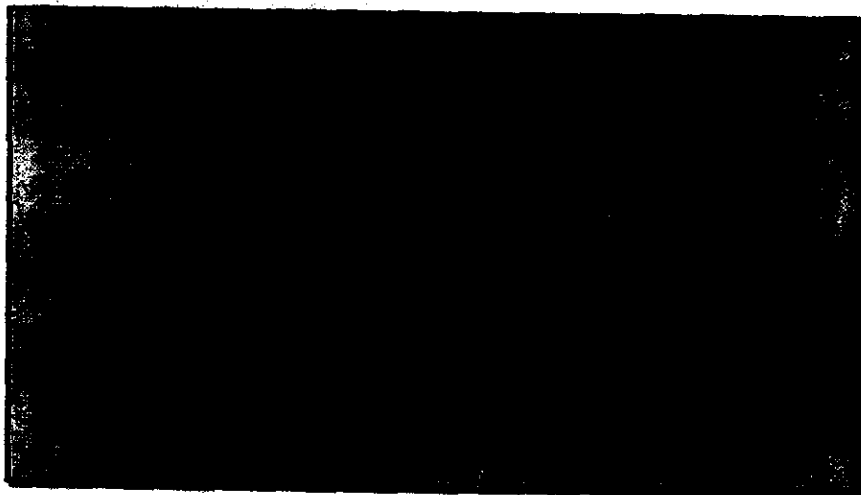


Figura 43.- *Ceratium hirundinella*

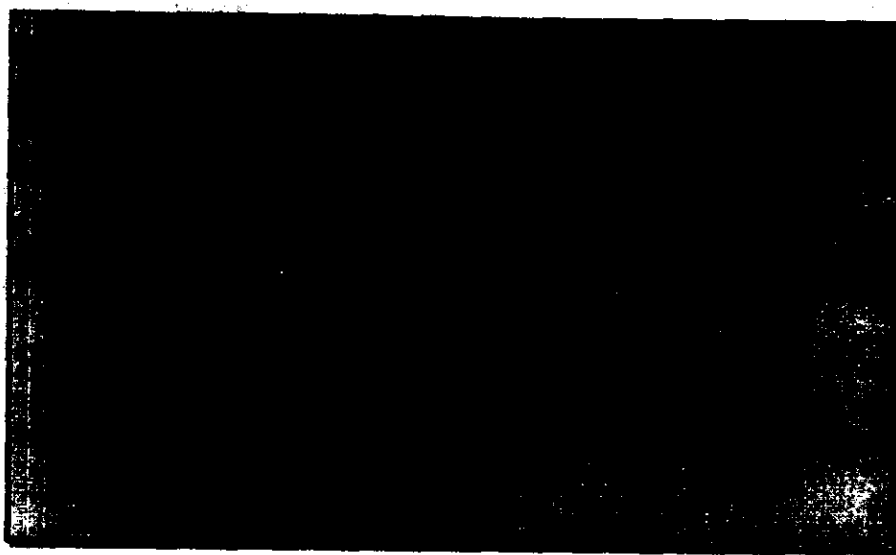


Figura 44.- Larva nauplio.

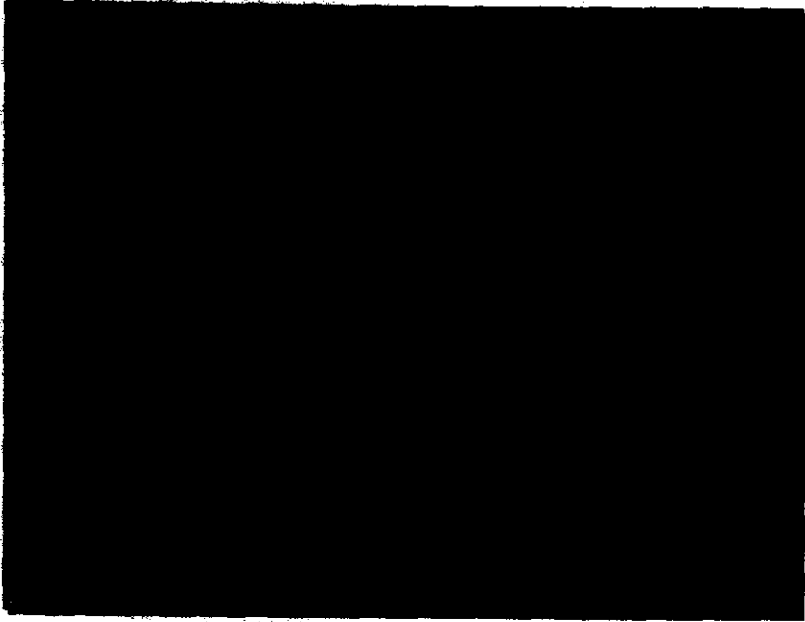


Figura 45.- *Bosmina longirostris*

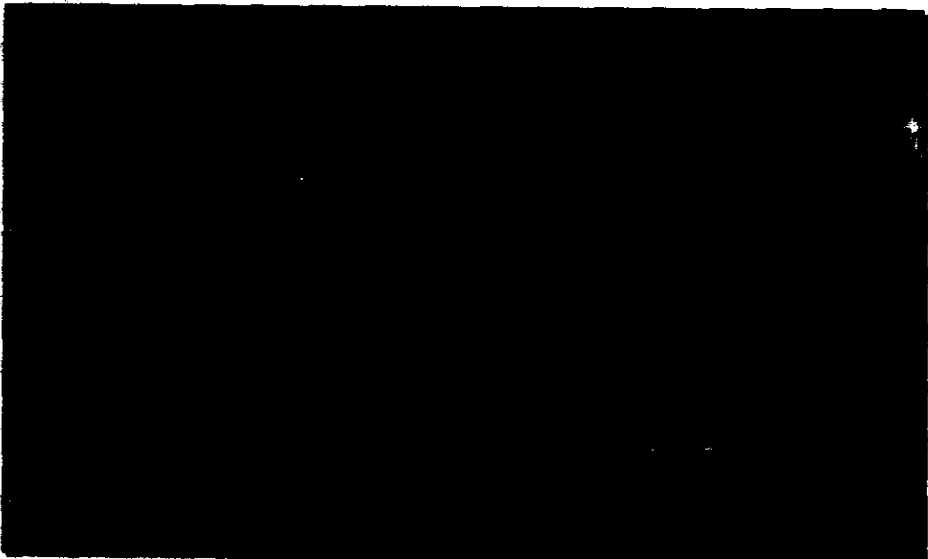


Figura 46.- *Keratella cochlearis*

FITOPLANCTON

DENSIDAD TOTAL

En el fitoplancton se registran las siguientes divisiones Cyanophyta, Chlorophyta, Crystophyta, Euglenophyta y Pyrrophyta.

La densidad fitoplanctónica es mayor en los meses de octubre, noviembre y diciembre con un valor máximo de 18 400 000 Ub/lt en el mes de diciembre, donde el grupo más abundante fueron las cianofitas (en su mayoría *Aphanizomenon sp.*), y un mínimo de 2 030 000 Ub/lt en el mes de septiembre (Figura 47), haciendo notar que en estos meses las muestras fueron tomadas de la zona limnética. parece ser que los nutrientes que son acarreados a la presa en la época de lluvias favorecen el incremento en la densidad fitoplanctónica.

Los datos de la zona litoral deben analizarse de manera independiente dado que las condiciones no son iguales; así tenemos que en los meses de enero y febrero que comprenden el litoral se registraron valores con un máximo de 33 400 000 Ub/lt en el mes de enero y un mínimo de 16 700 000 Ub/lt en el mes de febrero (Figura 48).

Los valores de densidad encontrados en este estudio superan a los reportados Quiroz *et. al.* en 1992 para estanques fertilizados en que encuentran hasta 5000 org/ml, Arredondo (1993) menciona que en lagos no fertilizados se han registrado hasta 82 700 org/lt y en estanques fertilizados se alcanza hasta 1×10^6 org/lt. Al encontrar nosotros densidades más elevadas se puede decir que el sistema se encuentra bajo un proceso constante de fertilización que aumenta la cantidad de nutrimentos esenciales y por lo tanto favorece a una elevada densidad fitoplanctónica.

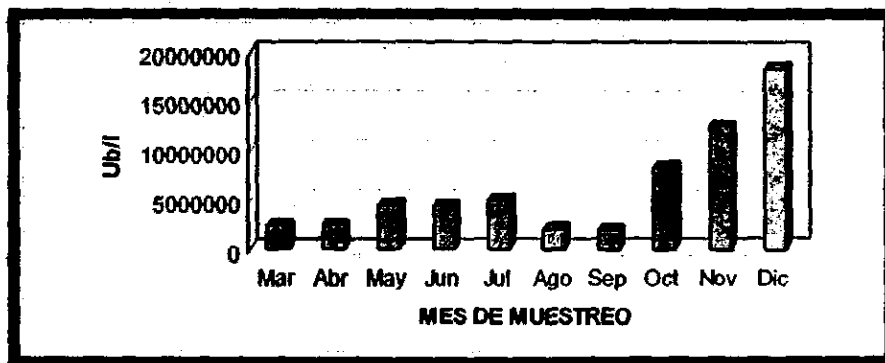


Figura 47.- Densidad Total del fitoplancton en la zona limnética

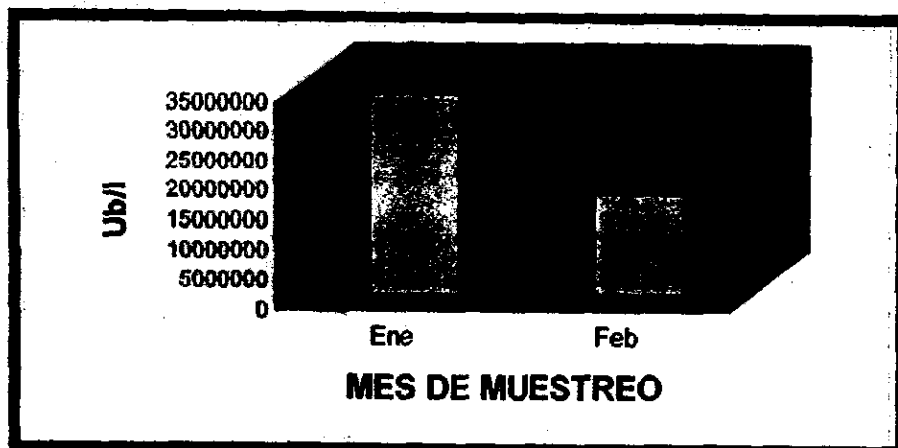


Figura 48.- Densidad Total del fitoplancton en la zona litoral.

La zona litoral se caracteriza por la presencia de macrofitas (lirio acuático, elodea, etc) y pastos que quedan sumergidos conforme aumenta el volumen de la presa, influyendo en el proceso fotosintético del lugar (aumento de oxígeno así como de organismos animales) aunque no fue registrada en este trabajo se espera verse aumentada y contribuyendo al aporte de materia orgánica. La concentración de nutrientes, tiene los aportes constantes de desechos orgánicos de los animales que abreven en la zona así como los desechos de actividades humanas. La zona somera (0-1 m) además por ser de poca profundidad permite una mayor absorción de luz registrando un aumento en su temperatura.

Todo lo anterior hace que la zona litoral favorezca el florecimiento de organismos fitoplanctónicos y por consecuencia del zooplancton, representando así una zona de protección y de alimento para crías de peces.

La prueba de rangos múltiples realizadas con un $\alpha=0.05$ muestran las diferencias significativas entre los meses de muestreo para la zona limnética (ver apéndice 1), encontrando varias diferencias a lo largo del tiempo. Como respuesta a la variación de los cambios ambientales. Por estación sólo se detecta diferencia entre las estaciones 1-6, quizás por el hecho de ser las más alejadas entre sí, no se detectan diferencias entre los niveles de profundidad muestreados. Y parece ser, que en esta zona de trabajo no existe influencia de la temperatura ni la transparencia.

En la figura 49 se observan las densidades por cada una de las divisiones presentes en el fitoplancton de la Presa Villa Victoria apreciándose que la más abundante son las cianofitas con una densidad máxima promedio de 17 199 000 Ub/lit en el mes de agosto. En los meses de marzo, abril y mayo las clorofitas presentaron una mayor densidad que las cianofíceas con 7 818 750 Ub/l (en abril)

debido a las condiciones de aumento de luz y temperatura que caracteriza a la primavera.

En el caso de las diatomeas, son una división presente, pero poco abundante ya que se presentan con sólo 700 403 Ub/lt como densidad promedio.

Con menor densidad y presencia se tiene a los dinoflagelados con una densidad promedio de 5 905 Ub/lt. En el caso de las euglenofitas no se detectaron en los recuentos pero si en las muestras de red por lo que no fueron cuantificadas pero si se incluyen en la lista de especies presentes.

En la figura 50, las clorofitas presentan una densidad más elevada en el mes de enero debido a la zona de muestreo la cual fue litoral en la que obtuvieron una densidad de 27 825 000 Ub/lt, en ambos meses fueron más abundantes que las cianofitas y sólo se presentaron las diatomeas en cantidades mínimas 560 000 Ub/lt.

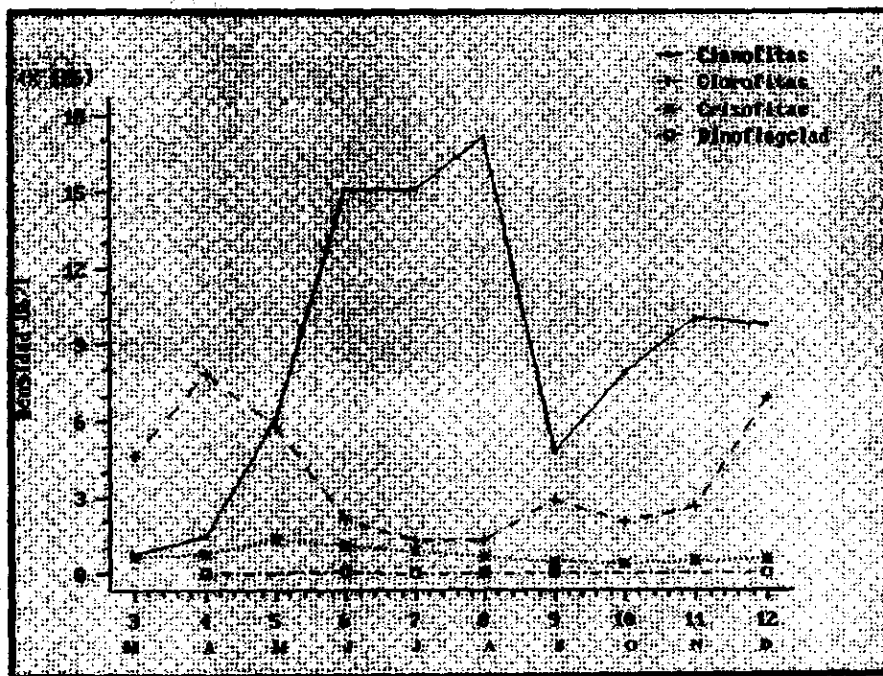


Figura 49.- Densidad fitoplanctónica de las divisiones presentes en la Presa Villa Victoria por mes de muestreo.

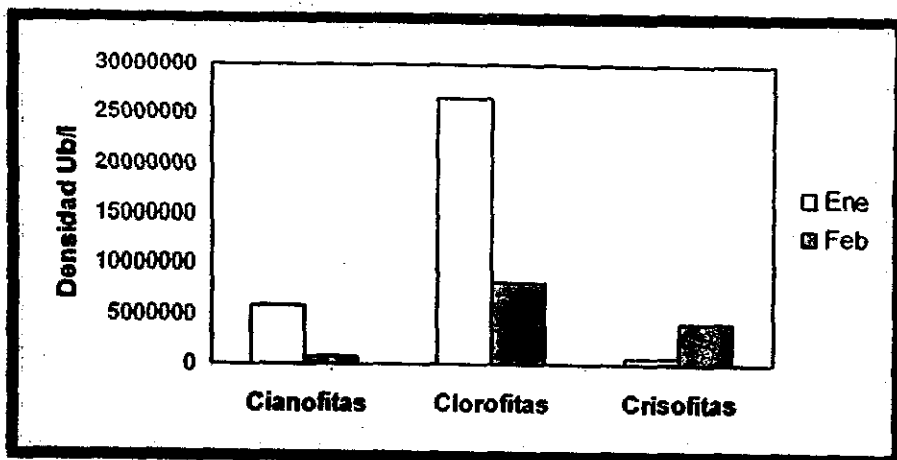


Figura 50.- Fitoplancton por división en la zona litoral

Las figuras 51 y 52 respectivamente muestran los diagramas de pastel para la densidad promedio y especies encontradas por cada división de microalgas. Se destaca la Cyanophyta como la de mayor densidad (51 %), pero es la división Chlorophyta la que presenta mayor cantidad de especies (16). A continuación se analizan por separado cada uno de los grupos.

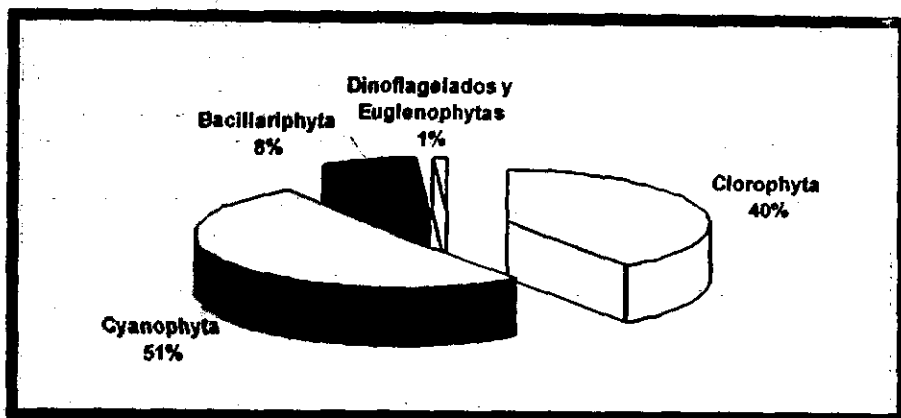


Figura 51.- Porcentaje promedio de las divisiones presentes en el fitoplancton.

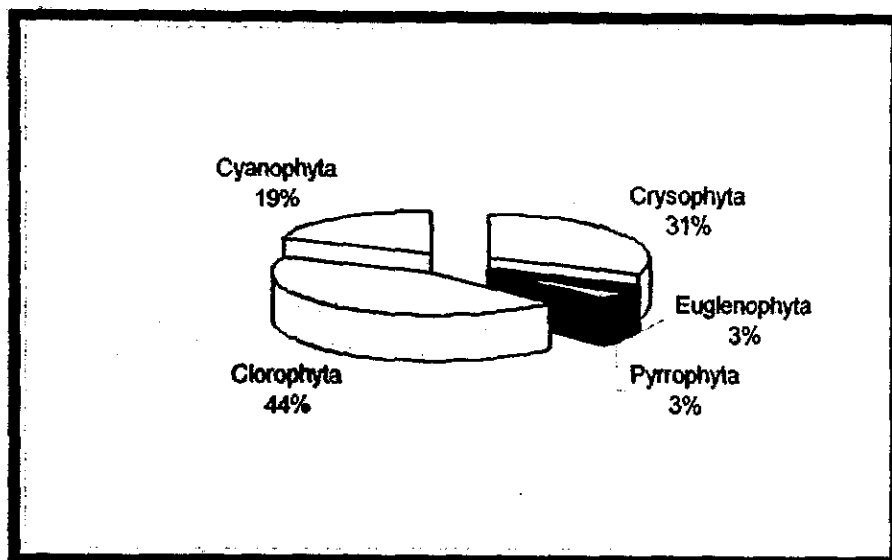


Figura 52.- Porcentaje de las especies por división presentes en el fitoplancton.

CYANOPHYTAS.

La división Cyanophyta es la más abundante pero menos diversa con 7 especies, encontrándose un valor máximo de 17 199 000 Ub/lt en el mes de agosto y un mínimo de 711 000 Ub/lt en el mes de marzo (Figura 53), donde los géneros más abundantes son: *Aphanizomenon sp.* y *Microcystis aeruginosa*, de los cuales se presume que son géneros típicos de aguas eutroficas (Palmer, 1982), otro género también presente pero poco abundante y de igual manera característico de estas aguas es *Anabaena sp.* que se caracteriza por ser fijadora de nitrógeno.

La figura 54 nos muestra la zona litoral indicando que las cianofitas fueron más abundantes en enero con un máximo de 5 41 0 000 Ub/lt.

En el apéndice uno se muestra el análisis de rangos múltiples entre los meses de muestreo, encontrando varias diferencias a través del tiempo y no encontrando diferencias ni por estación ni por nivel.

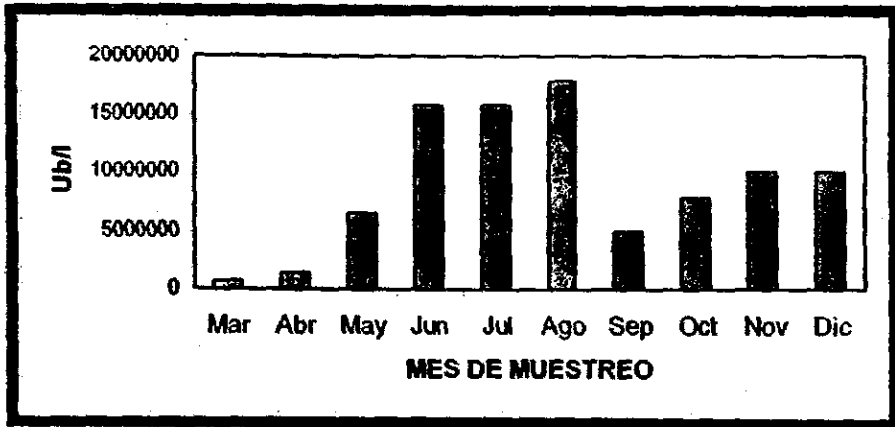


Figura 53.- variación mensual para la división Cyanophyta en la zona limnética.

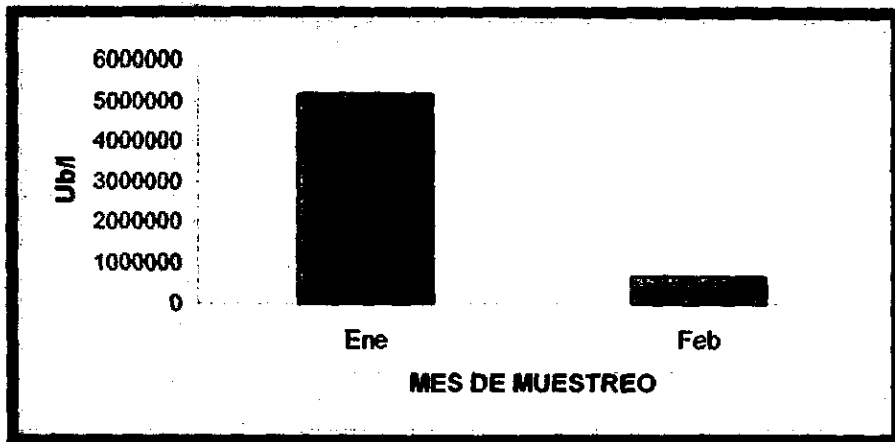


Figura 54.- Densidad para la División Cyanophyta en la zona litoral.

CLOROPHYTA.

La división de las clorofitas es menos abundante que las cianofitas pero más diversa. En la figura 55 se observa un máximo en el mes de abril con una densidad de 7 818 750 Ubli debido a las condiciones favorables de la primavera (aumento de luz y temperatura) para después disminuir, manteniéndose más o menos constante. Y con una menor densidad en el mes de julio 1 322 5550 Ub/lt.

En la zona litoral el resultado se eleva con una densidad mayor en el mes de enero de 27 800 000 Ub/lit. Este comportamiento es debido a las condiciones que imperan en este cuerpo de agua, a pesar de que se encuentra en la estación invernal donde las condiciones no son tan favorables, si existe un aporte de nutrientes constante (Figura 56).

El apéndice uno muestra el resultado del análisis de rangos múltiples y no se presentan diferencias significativas ni entre estaciones ni entre niveles aunque sí entre los meses de muestreo como es de esperarse, debido a los cambios climatológicos que modifican al sistema.

Se hace notar que estos organismos son los más diversos ya que se reportan 16 géneros de un total de 36, donde los más predominantes fueron *Chlorella miniata*, *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus arcuatus*, *Scenedesmus bicaudatus*, *Scenedesmus dimorphus*, *Scenedesmus quadricauda* y *Staurastrum paradoxum*. Además estas especies nos indican que nuestro embalse tiende a la eutrofización (Ortega, 1994; Wetzel, 1981). El termino eutrofico se refiere a un ambiente rico en nutrientes orgánicos y con abundante fitoplancton. La eutrofización afecta la composición química de las aguas y la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas (Torres y García , 1995).

En estudios acuáticos los métodos biológicos presentan ventajas sobre el análisis físico-químicos pues permiten la detección de procesos contaminantes ocurridos durante el transcurso de la vida de los organismos o poblaciones. Los sistemas de saprobios se utilizan para determinar la calidad biológica del agua con base en las comunidades de organismos (Ortega, *et. al.*, 1995). Las asociaciones plantónicas que se presentan en la Presa Villa Victoria corresponden a las reportadas propias de un sistema eutrofico (Hutchison, 1967; Wetzel, 1981; Margalef, 1983; Harper, 1992).

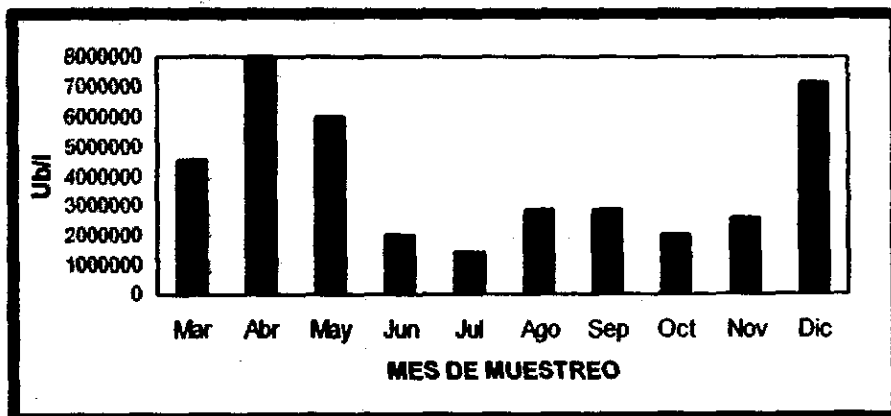


Figura 55.- Densidad mensual para la División Chlorophyta en la zona limnética.

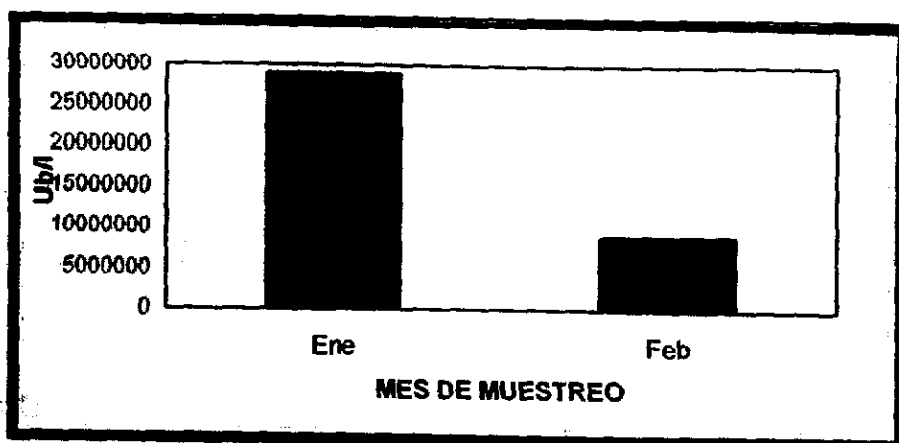


Figura 56.- Densidad para la División Clorophyta en la zona litoral.

CRYSOPHYTA

El grupo de las diatomeas fué el menos predominante con sólo 12 especies del total (37) durante el periodo de estudio, notándose poca abundancia y diversidad, pero fueron constantes siempre; a pesar de su escasa aparición, pero no menos importantes ya que según Wetzel, 1981, *Fragillaria crotonensis* y *Stephanodiscus sp.* registradas en este estudio, son características de cuerpos de agua eutrofizadas, el género más abundante y presente durante todo el año en este embalse es *Aulacoseira italica* el cual es reportado también para sistemas eutróficos (Ortega, 1994; Palmer, 1982; Wetzel, 1981). Este género de *Aulacoseira* era antes llamado *Melosira*, son algas de gran tamaño que forman colonias filamentosas con rápida reproducción y que se mantienen en la superficie (Campos et al. 1989).

La figura 57 muestra el máximo en el mes de marzo con 6 592 500 Ub/lt y un mínimo en el mes de octubre con sólo 391 000 Ub/lt. La figura 58 muestra que para la zona litoral se tiene un máximo de 614 000 Ub/lt.

En el apéndice uno nos muestra el análisis de rangos múltiples en el que existen diferencias entre los meses de muestreo y que su densidad se mantiene constante a excepción del mes de marzo, mientras que ni por estación ni por nivel existen diferencias significativas.

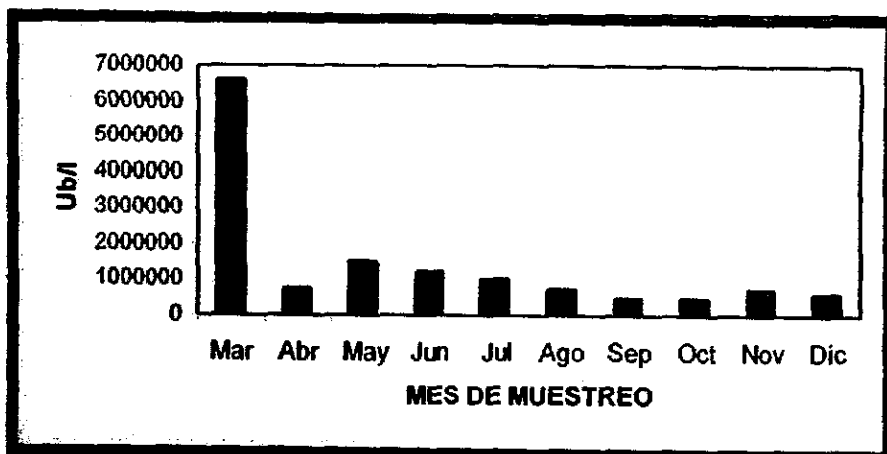


Figura 57.- Variación mensual para la división Crisophyta en la zona limnética.

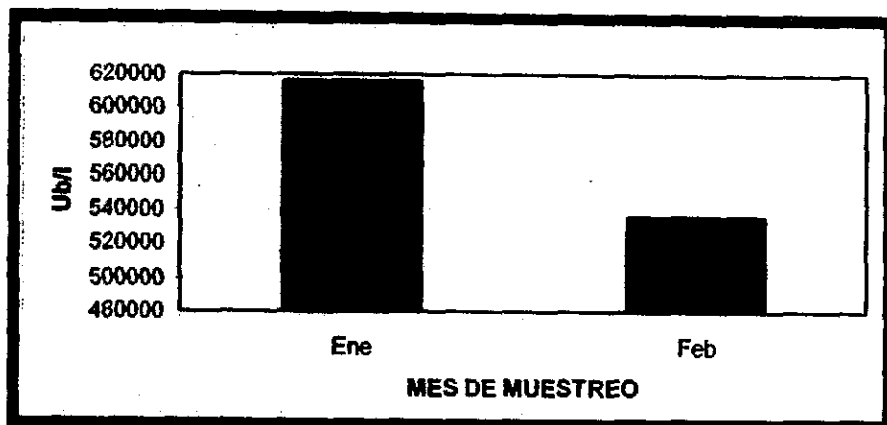


Figura 58.- Densidad para la división Crisophyta en la zona litoral.

PYRROPHYTA.

Se observa que estos organismos fitoplanctónicos poco aparecen ya que sólo se reporta un sólo especie que es *Ceratium hirundinella*, donde este tiene una mayor presencia en el mes de junio con una densidad de 41 192 Ub/l, porque antes y después de este mes, es poco abundante (figura 59). No se detectaron dinoflagelados en los muestreos de la zona litoral.

En el apéndice uno se muestra el análisis de rangos múltiples donde existen diferencias significativas por mes de muestreo, pero por estación y nivel no existen diferencias significativas.

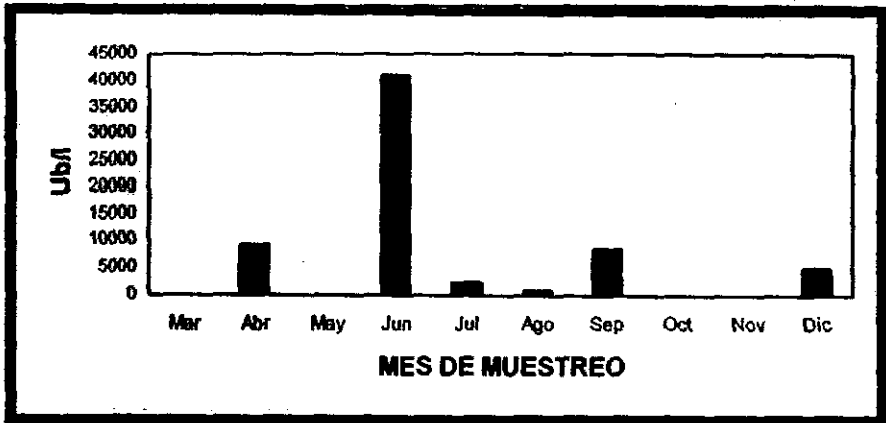


Figura 59. - Densidad para la División Pyrrophyta en la zona limnética.

ZOOPLANCTON

Para la densidad total del zooplancton (Figura 60) se observa una densidad variable a lo largo del tiempo con un aumento en el mes de septiembre con una densidad máxima de 16 402 org/m³. Y un mínimo de 2727 org/m³ en el mes de mayo, dominado por los cladóceros seguido de copépodos, huevecillos, larvas nauplio y finalmente rotíferos.

En cuanto a la densidad en zona litoral podemos notar una mayor cantidad en el mes de febrero con: 39 748 org/m³ en su mayoría representado por cladóceros. Este comportamiento es debido a la presencia abundante de organismos fitoplanctónicos (Figura 61).

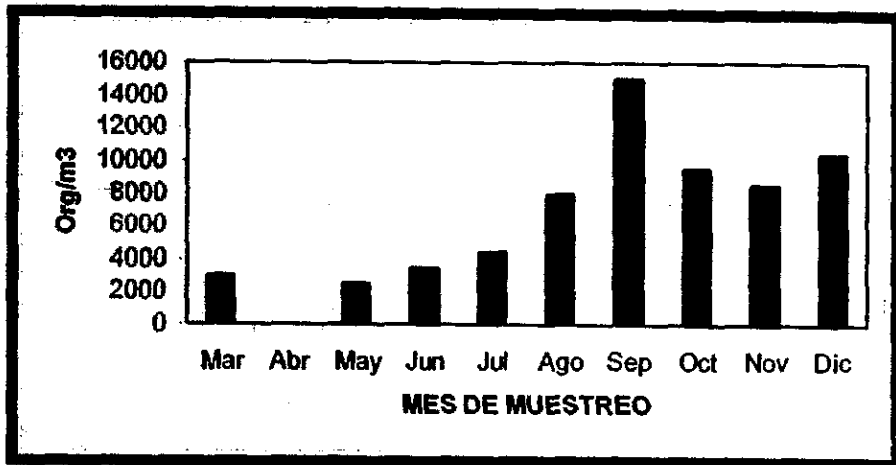


Figura 60.- Densidad para el Zooplancton Total para la zona limnética.

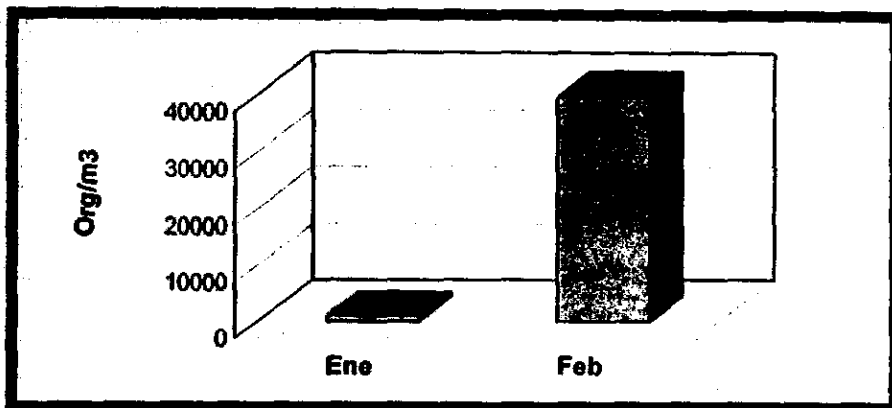


Figura 61.- Densidad para el Zooplancton Total para la zona litoral.

En el apéndice uno se presenta un cuadro que resume los resultados del análisis de rangos múltiples entre meses de muestreo (3-9, 5-9, 5-12, 6-9, 6-10, 6-11, 6-12, 7-9) y estaciones. Se detectan diferencias entre meses de muestreo al igual que por estación de muestreo (sólo entre las estaciones 2-6).

La figura 62 nos muestra la densidad total por grupos zooplanctónicos presentes en la presa Villa Victoria observando que el más abundante es el de los cladóceros seguida por los copépodos y en menor grado los rotíferos. Los grupos restantes representados por las larvas nauplio y los huevecillos estén presentes siempre pero en números muy pequeños.

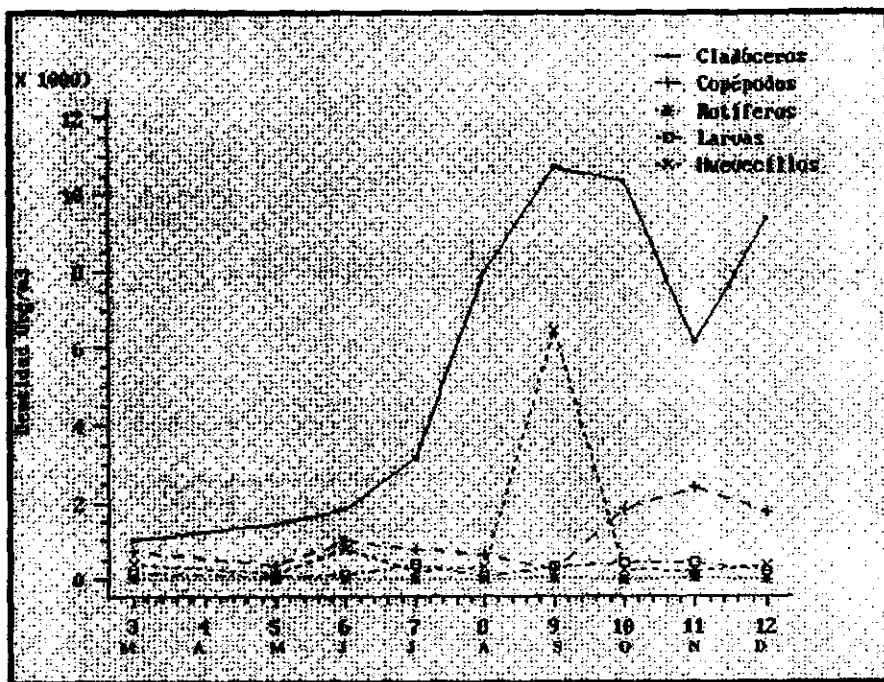


Figura 62.- Variación mensual de los grupos zooplanctónicos presentes en la zona limnética.

La figura 63 muestra la densidad de cada grupo para los dos meses de muestreo para la zona litoral observando que los cladóceros son los más abundantes seguido de los copépodos y se detecta la presencia de huevecillos, por lo que se infiere que la zona representa un sitio de desove para los microcrustáceos, rotíferos y peces.

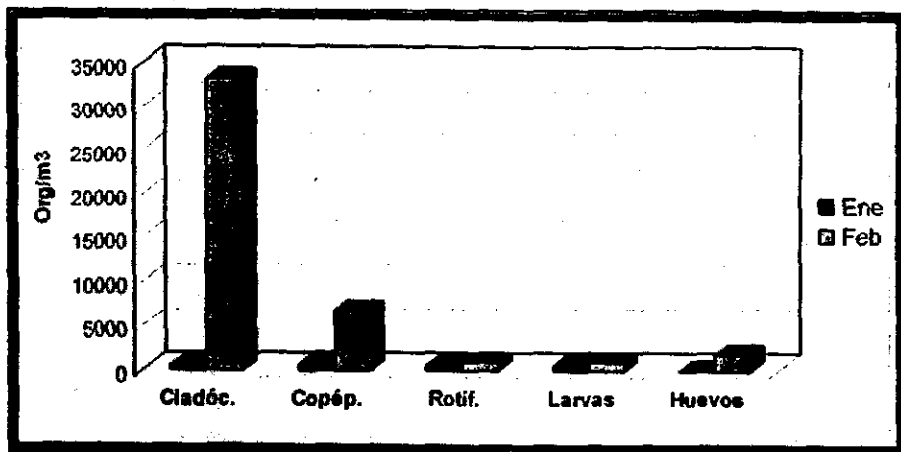


Figura 63.- Densidad de los grupos zooplanctónicos para la zona litoral.

En las figuras 64 y 65 muestran los diagramas de pastel de densidades y especies zooplanctónicas respectivamente, de los grupos encontrados. Se observa que el grupo de cladóceros es el más abundante con un 71 % y un 33% en que comparte con el grupo de copépodos ya que ambos presentan sólo dos especies. A continuación se analizan por separado cada uno de los grupos.

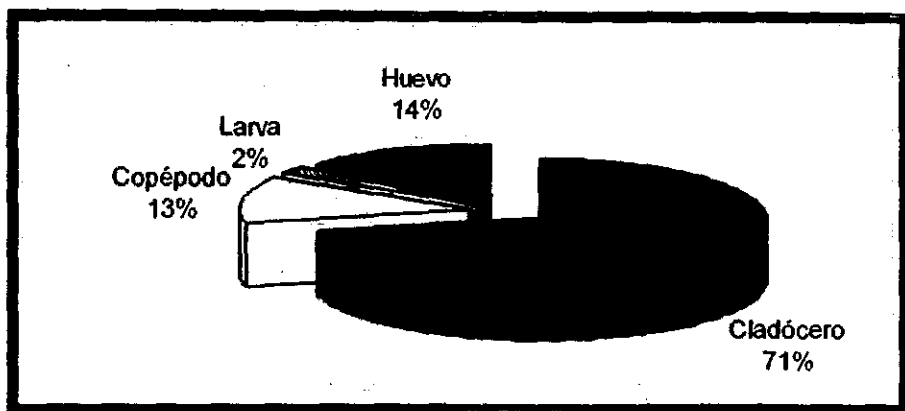


Figura 64.- Densidades promedio de los grupos zooplanctónicos.

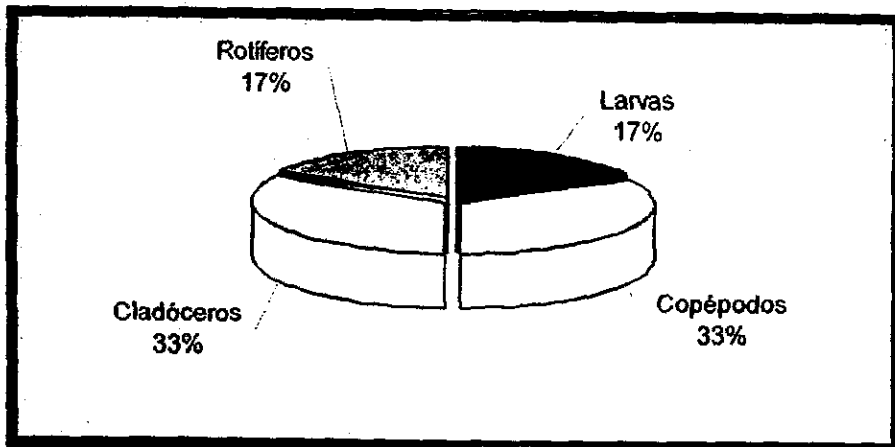


Figura 65.- Porcentaje de las especies presentes de los grupos zooplanctónicos.

En la figura 66 se muestra la relación entre la densidad total del fito y zooplancton, notándose que después de un afloramiento de fitoplancton se da un aumento en el zooplancton; esto es, en los meses de primavera hay un ligero aumento en las microalgas que producen un incremento en la densidad de animales planctónicos en los meses de agosto a diciembre; los meses de mayor densidad fitoplanctónica que abarcan de octubre a diciembre mantienen una alta densidad de zooplancton. El máximo de fitoplancton que se aprecia para el mes de enero corresponde a la zona litoral produce en febrero un aumento considerable en el zooplancton.

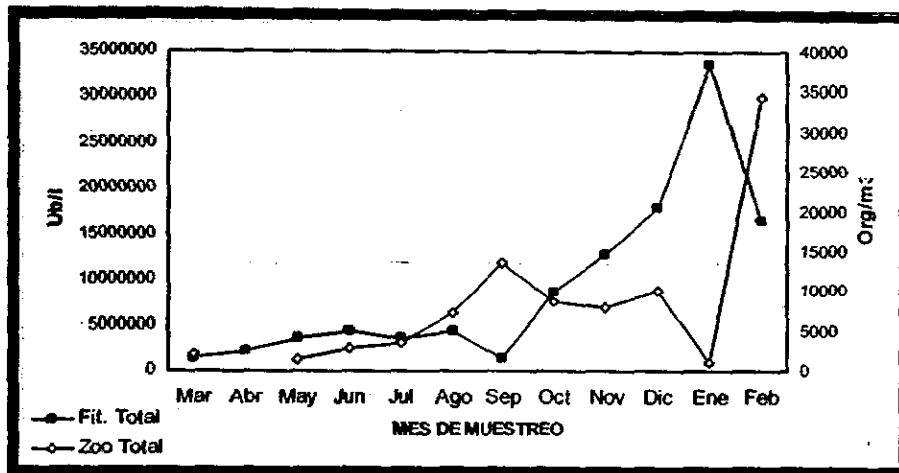


Figura 66.- Densidad fitoplanctónica y zooplanctónica por mes de muestreo.

CLADÓCEROS.

Este grupo va a ser el más abundantes durante todo el ciclo, donde se reportan sólo 2 especies que son: *Daphnia sp.* y *Bosmina longirostris*. Se hace notar que por mes de muestreo (Figura 67), se presenta un aumento en los meses de agosto a diciembre con una densidad máxima de 10 718 org/m³, que coincide con la poca de lluvias y además se presenta simultáneamente con el florecimiento fitoplanctónico de otoño en los meses de octubre a diciembre. Esto una clara respuesta a la mayor disponibilidad de alimento.

Se registra un máximo en el mes de febrero de 31 731 Org/m³ a causa de que estas muestras fueron tomadas de la zona litoral, donde los organismos zooplanctónicos aprovechan la mayor abundancia fitoplanctónica (Figura 68).

En el apéndice uno se muestra la prueba de rangos múltiples donde no existen diferencias significativas ni por mes ni por estación de muestreo, por lo que se puede decir que su distribución es homogénea.

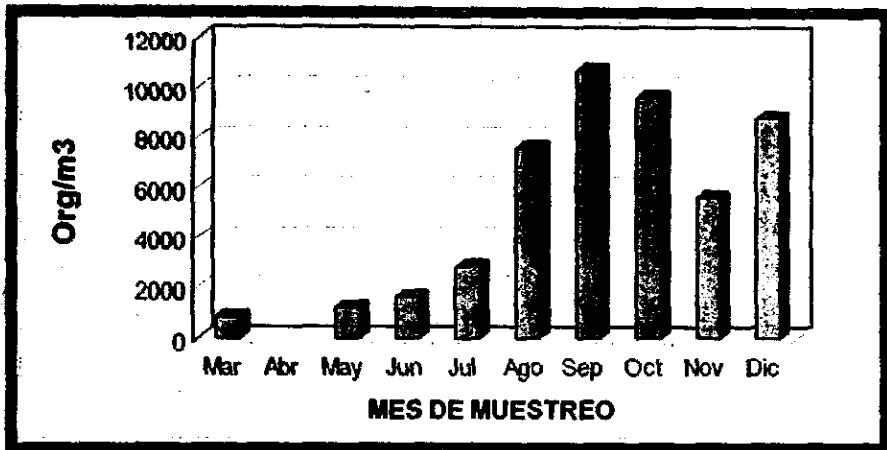


Figura 67.- Densidad para los Cladóceros para la zona limnética.

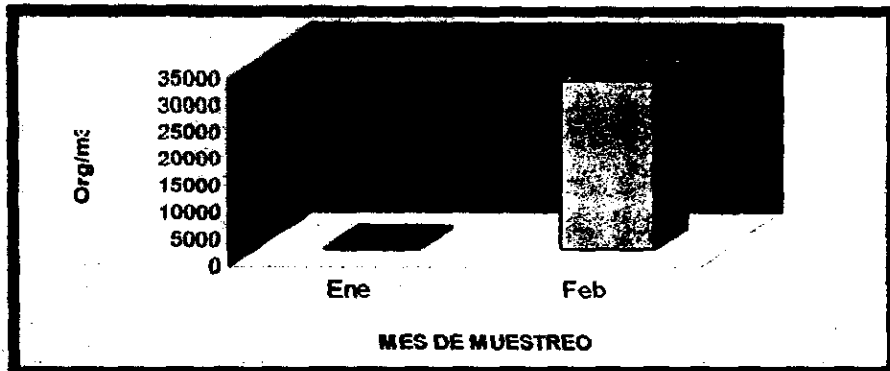


Figura 68.- Densidad para los Cladóceros para la zona litoral.

COPÉPODOS.

Este grupo al igual que los cladóceros sólo reporta 2 géneros que son: *Mesocyclops sp.*, y *Eucyclops sp.* Se hace notar que estos organismos se presentan en densidades variables durante todo el ciclo de estudio con un valor máximo de 2 430 Org/m³ en el mes de noviembre (Figura 69).

En la figura 70 se muestra la densidad de este grupo en la zona litoral, donde se da un máximo en el mes de febrero con 6 027 org/m³; donde los copépodos pueden pasar periodos de diapausia en los sedimentos en estado de huevo o de copepedito, con y sin enquistamiento (Wetzel, 1981).

En el apéndice uno se muestra en forma resumida el resultado de la prueba de rangos múltiples donde existen diferencias significativas por mes de muestreo principalmente con el meses de octubre y noviembre, mientras que por estación sólo se detecta entre las estaciones uno y seis.

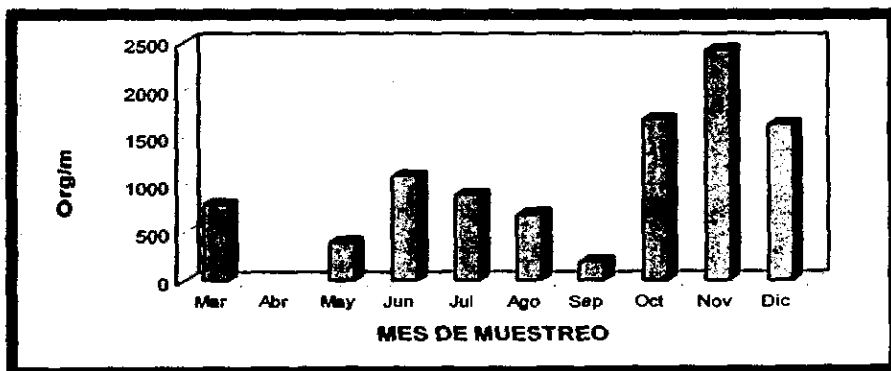


Figura 69.- Densidad para los Copépodos para la zona limnética.

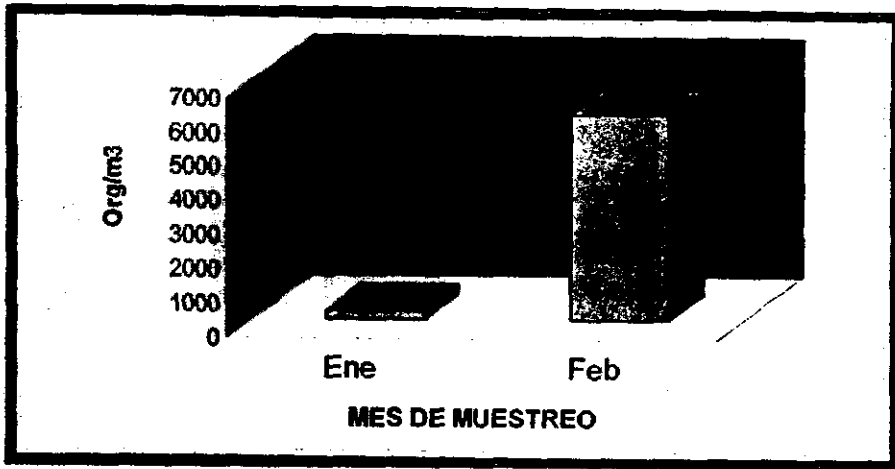


Figura 71.- Densidad de los copépodos para la zona litoral.

ROTÍFEROS.

Los rotíferos van a estar distribuidos principalmente en las aguas dulces, algunos siendo sésiles, asociados a sustratos litorales así como planctónicos. Como se mencionó anteriormente fue un grupo de los más escasos con sólo una especie reportada: *Keratella cochlearis*, en la zona limnética se presentó un máximo en el mes de septiembre con una densidad de 26 org/m³ (Figura 71).

En la figura 72 se muestra los dos últimos meses de muestreo, correspondiente a la zona litoral donde el máximo se da en el mes de febrero con 174 org/m³ ya que esta zona se caracteriza por una alta densidad de plancton.

En el apéndice uno se muestra la prueba de rangos múltiples donde en este grupo se dan varias diferencias entre mes y mes, razón contraria por estación de muestreo, ya que no se dan diferencias significativas.

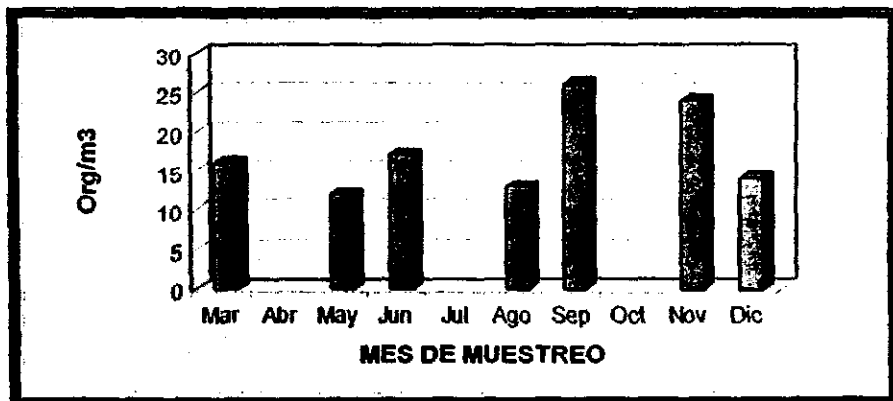


Figura 71.- Densidad de los rotíferos para la zona limnética.



Figura 72.- Densidad de los rotíferos para la zona litoral.

LARVAS NAUPLIO.

Estos organismos son las crías de copépodos que eclosionan como pequeñas larvas que nadan libremente llamadas nauplios, y que después desarrollan distintas mudas a lo largo de una serie de estadios larvarios llamados copepoditos. Este tipo de larva se observa en una mayor proporción en el mes de noviembre con una densidad de 436 Org/m³, aunque durante todo el ciclo anual se mantienen presentes (Figura 73).

Se puede notar en la zona litoral, (Figura 74), que el mes con una mayor densidad es febrero con 161 Org/m³.

En la prueba de rangos múltiples (apéndice 1) se logra observar que existen diferencias significativas por mes de muestreo y por estación no existen diferencias.

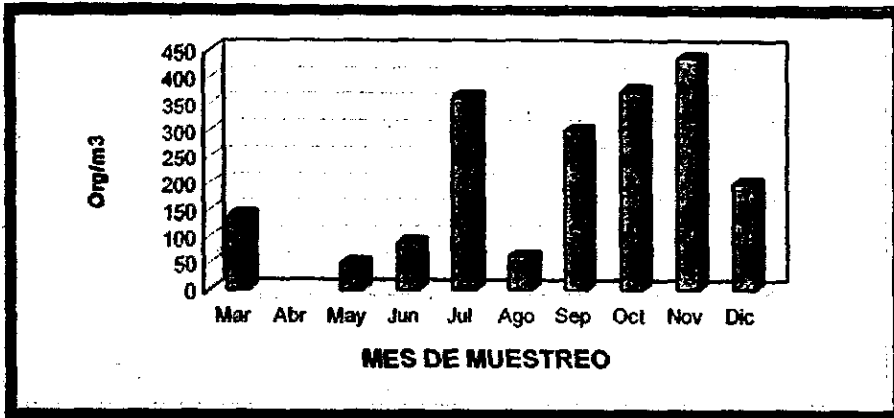


Figura 73.- Densidad de las Larvas Nauplio para la zona limnética.

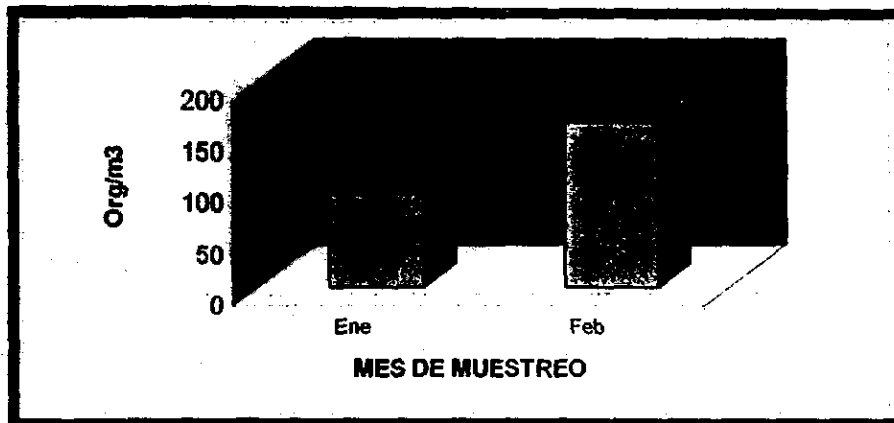


Figura 74.- Densidad de las Larvas Nauplio para la zona litoral

HUEVOS.

Se utilizó esta denominación para las estructuras semejantes a huevecillos que pueden corresponder a organismos como copépodos, cladóceros, rotíferos y peces(carpa, charal, etc.). Estos organismos se mantuvieron constantes durante todo el ciclo de muestreo, para lo cual se da un máximo en el mes de

agosto con una densidad de 6 471 Org/m³ y un mínimo en el mes de octubre con sólo 211 Org/m³ (Figura 75).

En la figura 76 se muestran los resultados del muestreo en la zona litoral donde se da un máximo en el mes de febrero con 1473 Org/m³, donde los organismos zooplancónicos presentaron densidades de 6 027 copépodos/m³ y 31 731 cladóceros/m³ lo que hace pensar que estos organismos se reprodujeron.

En el apéndice uno se resumen los resultados de la prueba de rangos múltiples donde este grupo tiene diferencias significativas por mes de muestreo a diferencia de por estación donde simplemente no existen.

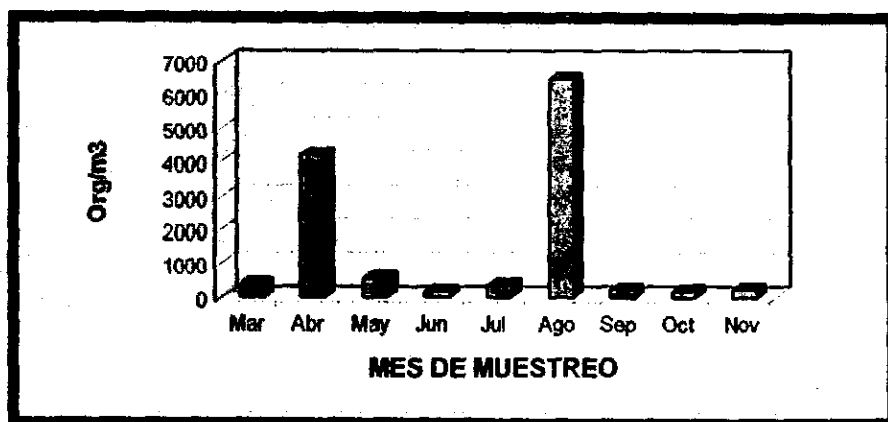


Figura 75.- Densidad de los Huevecillos para la zona limnética.



Figura 76.- Densidad de los Huevecillos para la zona litoral.

A P É N D I C E I

PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES ENTRE MESES DE
MUESTREO, ESTACIONES Y NIVELES DE
PROFUNDIDAD.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

	X	X			X	X	X									
	X	X				X	X			X						
	X	X	X			X	X		X	X						X
	X	X	X			X	X			X						
	X					X					X					X
	X	X	X		X	X						X				
		X	X	X		X	X			X			X			X
			X			X	X		X	X						
			X		X		X	X	X	X						X
			X		X		X	X		X						X
			X		X		X	X		X						X
	X	X			X	X		X							X	X
	X	X	X		X								X			X
	X			X	X	X		X		X					X	
	X	X	X		X		X		X	X						X
	X				X		X					X				X
	X			X			X						X	X		
	X		X				X		X	X				X	X	X
	X				X		X							X		
	X		X		X		X						X	X		
	X		X				X		X	X						
	X		X		X		X									X
	X		X		X		X		X	X				X		X
	X	X	X		X	X	X		X	X				X		X
	X	X			X		X	X	X	X						X
	X	X	X				X	X	X							
	X	X	X	X	X		X		X							
	X	X			X		X	X	X	X						
	X	X			X		X		X	X						
	X	X	X				X	X	X							
	X	X	X	X	X		X		X							
	X	X	X				X		X							

X= Diferencias significativas entre meses (z. limétrica)

			X																
		X	X																
		X	X	X	X														
		X						X										X	
		X																X	
			X	X															
		X																	
																			X

X= Diferencia significativa entre estaciones (z. limnética)

1-2				X															
1-3		X	X	X	X	X													
2-3			X	X	X	X													

X= Diferencia significativa entre niveles (z. limnética)

			X	X		X										X			
--	--	--	---	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

X= Diferencia significativa entre meses (z. litoral)

									X		X									
X																				
X																				
X			X		X															
X									X		X									
X									X		X									
X									X		X									

X= Diferencia significativa entre estaciones (z. litoral)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

X= Diferencia significativa entre niveles (z. litoral)

CONCLUSIONES.

✦ Se registrarón 37 especies de algas fitoplanctónicas, pertenecientes a las divisiones Chlorophyta(16), Cyanophyta (7), Crysophyta (12), Euglenophyta(1) y Pyrrophyta (1). Las especies más abundantes son *Aphanizomenon sp*, *Closterium acutum*, *Aulacoseira italica* y *Chlorella miniata*.

✦ Los grupos zooplanctónicos encontrados son en su mayoría cladóceros y copépodos y en menor grado rotíferos, larvas nauplio y huevecillos. Las especies encontrados fueron: *Bosmina longirostris*, *Keratella sp*, *Daphnia sp*, *Mesocyclops sp* y *Eucyclops sp*.

✦ Se registra un máximo de densidad fitoplanctónica en el mes de diciembre (después de la época de lluvias) con 18 400 000 Ub/l y para el zooplancton, 16 402 Org/m³ en el mes de septiembre. Se nota un aumento en la densidad para la zona litoral con 33 400 000 Ub/l para fitoplancton en el mes de enero y 39 748 Org/m³ este último es en febrero.

✦ El sistema presenta una homogeneidad en cuanto a la distribución de los parámetros hidrológicos, excepto el bióxido de carbono (0-5 mgCO₂/l) que aumenta en la zona profunda mientras que el oxígeno (6-9 mgO₂/l) disminuye. La temperatura tiene un rango entre 17 y 23 °C y un pH ligeramente alcalino, la dureza oscila entre 35-40 mg/l y la alcalinidad total es de 42-45 mg HCO₃/l.

✦ En base a las especies indicadoras encontradas en el fitoplancton (*Aphanizomenon sp*, *Anabaena sp*, *Microcystis sp*, *Fragillaria crotonensis*, *Stephanidiscus sp*) el sistema presenta una tendencia a la eutroficación ya que están presentes durante todo el ciclo anual, principalmente la primera de ellas.

SUGERENCIAS.

Las principales sugerencias a este trabajo son:

- ⇒ Para la determinación de el grado de eutrofización se recomienda, analizar los nutrimentos (fosfatos, nitratos, amonio, etc.); ya que la base de la pirámide trófica en los ecosistemas acuáticos está dada principalmente por los productos primarios, los cuales están determinados en su desarrollo y proliferación por la luz, el CO₂ y los nutrientes.

- ⇒ Realizar más estudios sobre el plancton dulceacuicola, ya que hay pocos enfocados hacia el, tomando en cuenta que tiene una gran importancia económica como ecológica. Dado que la Presa Villa Victoria es un importante abastecedor de agua para la Cd. de México; y además genera energía eléctrica se recomienda continuar y profundizar en los estudios referentes al plancton tanto vegetal como animal.

- ⇒ Se conoce la descripción del plancton en la zona limnética, pero no completamente de la zona litoral, la cual va a variar dependiendo de los nutrimentos presentes es por esto que se sugiere un estudio particular del plancton litoral de la zona, ya que como observamos si existen diferencias en cuanto a densidad.

BIBLIOGRAFIA

Anónimo. (1981). Síntesis Geográfica del Estado de México. Secretaría de Programación y Presupuesto.

Anónimo. (1990). Mapas E-14-A-36 y E-14-A37. Instituto Nacional de Estadística geográfica México D.F.

APHA, AWWA Y WPFC. (1986). Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington. 874 pp.

Arredondo F. J. L. (1993). Fertilización y fertilizantes: Su uso y manejo en la acuicultura. UAN-Iztapalapa. México D.F. 202 pp.

Arredondo-Figueroa J.L. Y Flores Nava A. (1992). Características Limnológicas de pequeños embalses epicontinentales su uso y manejo en la acuicultura En: Hidrobiológica. 3(4):1-10.

Bold H.C. And Wynne M.J. (1978). Introduction to the algae. Structure and reproduction. Prentice-Hall, INC. U.S.A. 720 pp.

Bardach V., Ryther J. Y Mc. Lorney W. (1986). Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Ed. México, D.F: 741 pp.

Bourelly P. (1985). Les algues d' eau douce. Editions N. Boubée Initiation ala systématique.

Tomo I: Les Algues vertes 572 pp.

Tomo II: Les Algues jaunes et brunes 517 pp.

Tomo III: Eugléniens, Peridiniens, Algues Rouges et algues bleues 512 pp.

Brower J.E., Zar J.H. (1977). Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. brown company publishers. US:A: 194 pp.

Campos H., Steffen W., Agüero G., Parra O. Y Zuñiga L. (1989). Estudios Limnológicos en el Lago Puyuhue (Chile): Morfometría, factores físicos y químicos, plancton y productividad primaria. Medio Ambiente. 10 (2): 36-53.

Contreras E.F. (1994). Manual de Técnicas Hidrobiológicas. Editorial Trillas, México, D.F.: 147 pp.

Darley M. W. (1987). Biología de las algas. Ed. Limusa. México D.F. 236 pp.

Departamento del Distrito Federal (1996). Agua para la Ciudad más grande del mundo. Folleto ilustrativo, Secretaría de Obras y Servicios. Comisión de Aguas del Distrito Federal.

Edmondson W.T. (1976). *Fresh-Water Biology*. Second edition. New York, London. John Wiley & Sons, inc 1248 pp.

Franco L. J. (1989). *Manual de ecología*. Ed. Trillas, México D.F. 266 pp.

García-Badell J.J. (1985). *Tecnología de las Explotaciones Piscícolas*. Ediciones Mundi-Prensa. 325 pp.

García E. (1973). *Modificaciones al sistemas de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México, 246 pp.

García G. Ma. A. (1994). *Análisis Preliminar de las comunidades algales en el embalse, Villa Victoria, Edo. De México*. Tesis Profesional ENEP-Iztacala UN:A:M 99 pp.

Goldman J.C. (1979). *Outdoor algal mass cultures II, photosynthetic yield limitations*. *Water Research*. Vol 13: 119-136.

González de Infante A. (1988). *El plancton de las aguas continentales*. Secretaría General de los Estados Americanos. Washington, D.C. 125 pp.

González S. A. E. (1989). *Manual de técnicas básicas para el muestreo de plancton*. Material didáctico de la FES-Zaragoza. U.N.A.M. 45 pp.

Harper D. (1992). *Eutrophication of freshwaters*. Chapman & Hall. London, Eng 327 pp.

Hepher B., Y. Pruginin. (1991). *Cultivo de peces comerciales*. Ed. Noriega-Limusa. México, D.F. 316 pp.

Hutchinson, G.E. (1967). *A treatise on Limnology*. Vol. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. John Wiley and Sons Inc. New York 523 pp.

López G. M. C.; (1996). *Estudio del plancton de la Presa Villa Victoria, Edo. De México*. Reporte de Laboratorio Integral de Biología V y VI. FES Zaragoza U.N.A.M. 70 pp. Inédito.

Leite S. G. F., Costa A., Moore M. C., Pinto G.A.S. (1993). *Cadmium uptake and its effect on the growth of *Chlorella homosphaera* and *Scenedesmus quadricauda* cells in laboratory conditions*. *Rev Microbol*. Vol. 24, No. 1: 54-58.

Margalef R. (1983) *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1010 pp.

Marquez de Canto M. J. (1988). *Probabilidad y estadística para ciencias químico biológicas*. U.N.A.M. México D.F. 657 pp.

Morales Suárez E., Janet W.R., Thomas M. L. Y Frank F.; (1996). *Catálogo de los copépodos (crustacea) continentales de la Península de Yucatán*. Ed. ECOSUR, CONABIO. Chetumal, Quintana Roo. México. 296 pp

- Needham, J.G. y P.R. Needham. (1978). Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverté, S.A. México. 131 pp.
- Ortega M. M., (1984). Catálogo de las Algas Continentales de México U.N.A.M. 307 pp.
- Ortega M.M. et al., (1995). Ficología de México. AGT Editor. México. 307 pp.
- Padan E., (1979). Facultative anoxygenic photosynthesis in Ganobacteria. *Ann Rev. Pl. Physiol* 30: 27-40.
- Palmer C. M. (1982). Algae in water supplies. Dept. of health education & Welfare. Public Health Service. U.S.A. 577 pp.
- Patrick Ruth & Reimer Charles W. (1966). The diatoms of the United States. *Mongraps of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*. No. 13. 688 pp.
- Prescott, G., 1970. The freshwater algae. How to know. Fic. Key. Nature Serie, 348 pp.
- Quiroz C. H., F. J. Luna y S. J. Delgado. Aspectos sobre la Composición y abundancia del fitoplancton y sobre la productividad primaria en estanques fertilizados con estiércol y fertilizante mineral. *Ciencia y Tecnología*. 2(2): 103-112.
- Reynolds C. S., (1984). The Ecology of Freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. U.S.A. 384 pp.
- Rossell Vázquez A., Técnicas de muestreo y análisis de plancton y perifiton.
- SARH, Subsistema Colorines. (1997). Tercera etapa, Sistema Cutzamala. Gerencia de aguas del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. Boletín informativo.
- Samano A. (1934). Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México. *An. Inst. Biol.* 5: 149- 177.
- Secretaría de Pesca (1986). Piscicultura de agua dulce. México, D.F.
- Salgado U. H. I. (1992). El análisis exploratorio de datos en las poblaciones de peces. Fundamentos y aplicaciones. Material didáctico. Marc-ediciones U.N.A.M. México 112 pp.
- Schwoerbel J. (1975). Métodos de Hidrobiología. Ed. Blume. Madrid, España. 262 pp.
- Sournia A. (Ed). (1978). Phytoplankton Manual. UNESCO. United Kingdom. 336 pp.

Spiegel R. Murray. (1981). Estadística. Editorial Mc Graw-Hill. México D.F. 5,20-23 pp.

Trainor F. R. (1993). Cyclomorphosis in *Scenedesmus subspicatus* (Chlorococcales, Chlorophyta): Stimulation of colony development at low temperature. *Phycologia* Vol. 32 No. 6: 429-433.

Torres O. R. y García C. J. L. (1995). Introducción al manejo de datos limnológicos. U.A.M.- Iztapalapa. México D. F. 130 pp.

Venkataraman L. V., B. P. Nigam, and P. K. Ramarathan. (1980). Rural Oriented Fresh-water cultivation and production of algae in India. In Shelef G. F. & Soeder C. J. (Ed): Algal biomass. Elsevier/ North Hilland. Biomedical Press. 81 - 95 pp.

Wetzel R. G. (1981). Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España. 259-326, 350-353 pp.

Wheaton W.F. (1977). Acuicultura. Agt Editor, S.A. 704 pp.