



24
8
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ZARAGOZA

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE LA CARPA
BARRIGONA (Cyprinus carpio rubrofuscus) Y TILAPIA
(Oreochromis urolepis hornorum) BAJO
CONDICIONES DE POLICULTIVO EN EL BORDO DE
TEMPORAL "CHAVARRIA", EN EL MPIO. DE
COATLAN, EDO. DE MORELOS. DE JUNIO DE 1989
A ENERO DE 1990

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 N :

ANTONIO SANCHEZ VAZQUEZ

GABRIEL JARAMILLO SALAZAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

| | PAGINA |
|---------------------------------------|--------|
| RESUMEN | 1 |
| INTRODUCCION | 3 |
| ANTECEDENTES | 6 |
| DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO | 11 |
| OBJETIVOS | 13 |
| METODOS | |
| DE CAMPO | 15 |
| DE LABORATORIO | 18 |
| DE GABINETE | 19 |
| ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS | |
| MORFOMETRIA | 24 |
| FACTORES FISICOS Y QUIMICOS | 29 |
| FITOPLANCTON | 41 |
| ZOOPLANCTON | 48 |
| PECES | 55 |
| ANALISIS MULTIVARIADO | 76 |
| CONCLUSIONES | 79 |
| BIBLIOGRAFIA | 80 |

RESUMEN

El presente estudio se realizó de junio de 1989 a enero de 1990 en el bordo de temporal Chavarría localizado en el municipio de Coatlán del Río en el Edo. de Morelos, con el fin de determinar el crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofasciatus*) y la tilapia (*Oreochromis molepis hornorum*) bajo la técnica de bicultivo en el nivel extensivo, y las relaciones que existen entre algunos de los factores hidrobiológicos del sistema con su crecimiento.

El bordo presentó una fase de dilución de junio a julio y otra de concentración de agosto a enero. En la fase de dilución se determinó el área máxima en 8,537 m² con un volumen de 6,596 m³ en el mes de julio y en la de concentración en enero con área mínima de 3,186 m² y volumen de 823 m³, lo que representó una disminución del 62.6 % en el área y 87.43 % en el volumen.

Se observó en el sistema una estratificación térmica de junio a agosto que impidió una distribución vertical homogénea del oxígeno disuelto, con valores menores a 1 mg/l en la zona más profunda. De septiembre a enero se determinó una fase de mezcla en la columna de agua. Los resultados del análisis multivariado revelaron que los parámetros que explican la mayor variabilidad limnológica del sistema fueron: la alcalinidad y las durezas total y por calcio para superficie y fondo, además de la temperatura superficial y la transparencia.

Las ecuaciones determinadas para la relación peso-longitud de las dos especies fueron:

$$W = 3.01 \times 10^{-4} L^{3.02438} \quad (\text{c. barrigona})$$

$$W = 4.33 \times 10^{-3} L^{2.51200} \quad (\text{tilapia})$$

Por lo que el crecimiento de la carpa barrigona fue de tipo isométrico, mientras que para la tilapia de tipo alométrico negativo.

Las ecuaciones de Von Bertalanffy determinadas para la longitud de las dos especies fueron:

$$L_t = 235.5 (1 - e^{-0.201 (1 + 0.201)t}) \quad (\text{c. barrigona})$$

$$L_t = 148 (1 - e^{-0.44709 (1 - 0.3201)t}) \quad (\text{tilapia})$$

La tasa de crecimiento y el porcentaje en peso ganado, indican que la tilapia alcanza su talla máxima en el quinto mes de vida, mientras que la carpa no mostró una disminución en su tasa de crecimiento durante el periodo de estudio.

Las ecuaciones del Factor de Condición Múltiple (KM) quedaron de la siguiente forma:

$$KM = \frac{W}{L^{1.6402} A^{1.0594}} \quad (\text{c. barrigona})$$

$$KM = \frac{W}{L^{1.512} A^{1.0917}} \quad (\text{tilapia})$$

De acuerdo a una regresión múltiple, las variables que más influyeron en el crecimiento de los peces fueron la temperatura superficial y la densidad total de fitoplancton ($r^2 = 0.86$, $p < 0.01$).

INTRODUCCION

La crisis de la producción alimenticia a nivel mundial ha dado pauta al desarrollo de la acuicultura, que en términos generales puede ser definida como la manipulación de los organismos en una fase de desarrollo diferente a la de captura, en donde se promueve la transformación del medio en la medida en que se intensifique el sistema de producción. Los cultivos se hacen con fines alimenticios, comerciales, recreativos o decorativos (Rosas, 1973; Cabrera y García, 1986).

La acuicultura incluye un control que va de moderado a rígido sobre la alimentación, fertilización, reproducción, densidad y tallas, así como actividades de repoblación en sistemas naturales, todo ello con la finalidad de obtener la mayor producción piscícola en los cuerpos acuáticos (Palm, 1987). Incluye además el manejo de las condiciones ambientales y la habilidad para mantener la calidad del agua en un nivel óptimo para el desarrollo de las especies (Boyd, 1986).

La introducción de animales acuáticos procedentes de otros países y el trasplante de especies nativas, son actividades que se han incrementado en las últimas décadas. En nuestro país, estas introducciones y dispersiones han sido ejecutadas por parte de la iniciativa privada y diferentes instituciones del sector público. Sin embargo, solo en algunos casos muy particulares se han obtenido los resultados esperados, ya que son pocas las especies introducidas que se han adaptado satisfactoriamente, a tal grado que sostienen grandes pesquerías y aportan beneficios de tipo social y económico a las comunidades rurales aledañas (Arredondo, 1983).

En general todos los cuerpos acuáticos del país poseen organismos susceptibles de ser explotados, pero ninguno está dedicado exclusiva ni prioritariamente a la acuicultura, ni a las actividades de producción pesquera que se han derivado de esta biotecnia.

El recurso natural que soporta las pesquerias establecidas en las aguas continentales está representado por un conjunto de especies agrupadas bajo los nombres comunes de: lobinas, carpas, bagres, tilapias, charales, pescado blanco, acúmaras, popochas, topotes, sardinas, mojarras, truchas, peje-lagarto y matalotes, de las cuales las más importantes son las seis primeras por los volúmenes de producción que se reportan (Olmos, 1990).

Los animales acuáticos poseen grandes ventajas para su cultivo; una de ellas es que la densidad del cuerpo de los peces y de los crustáceos nadadores es casi la misma que la del agua en que habitan, por lo que pueden prescindir de la tarea de soportar su peso y dedicar mayor energía proveniente de la alimentación al crecimiento. Además los peces y los invertebrados por ser animales de sangre fría no gastan energía en la termorregulación (el atún y otras especies nadadoras son una excepción). Esta propiedad podría adicionalmente mejorar su tasa de crecimiento potencial, la que es mucho más flexible que la de los grandes vertebrados (Bardach, et. al. 1986).

Es necesario que en la selección de especies para cultivo se considere la resistencia del organismo a las altas concentraciones de ciertos compuestos (a menudo considerados como contaminantes) presentes en el agua por diversas causas, además se deben de tomar en cuenta otros atributos como son: el tamaño, disponibilidad, valor nutritivo o gustativo, hábitos reproductivos, requerimientos de calidad de agua de huevos y larvas, hábitos alimenticios y que obtengan grandes tallas a

altas densidades de siembra. Estas propiedades limitan en gran medida la selección y explican por qué entre las 25,000 especies de peces y los miles de invertebrados, sólo muy pocos han sido empleados con éxito en la acuicultura intensiva y factiblemente comercial (Bardach, et. al. 1986).

Existen dos técnicas generales para el cultivo de especies acuáticas: el monocultivo y el policultivo.

El monocultivo consiste en el cultivo de una sola especie para obtener una mayor producción con fines alimenticios, económicos o de repoblación.

Muchos de los más altos rendimientos en la acuicultura se han obtenido en el sistema de policultivo de peces en varios países del mundo, destacando China e Israel por sus altos volúmenes de producción, este sistema se basa en el aprovechamiento de los diferentes nichos ecológicos del sistema a través del cultivo simultáneo de dos o más especies con diferentes hábitos alimenticios (Juárez, 1982); en donde se busca la obtención de la máxima eficiencia en el uso del agua y el espacio disponible, al mismo tiempo que se reducen los gastos de producción.

Uno de los problemas más importantes al establecer un policultivo es el de determinar la proporción de las especies a introducir esperando con ello obtener una mayor eficiencia (Swingle, 1966). Este problema se ha minimizado porque existen antecedentes de policultivos en varias partes del mundo incluyendo México.

ANTECEDENTES

En México la acuicultura se remonta a la época prehispánica, sin embargo es hasta finales del siglo pasado, en 1884 cuando Don Esteban Cházari publica el primer tratado de piscicultura, en el cual se señalan las bases para el desarrollo de esta actividad. Posteriormente y hasta 1950 solo se conocen acciones aisladas de prácticas extensivas y consumo local de los productos generados. De 1950 a 1970 la actividad empieza a generalizarse y sus beneficios se traducen en un mayor consumo y comercialización del producto.

De 1970 a 1987 la acuicultura en México registra un acelerado avance, experimentando cambios cualitativos y cuantitativos en su desarrollo, se usan nuevas tecnologías y simultáneamente a la etapa de extensionismo se inicia la utilización de sistemas semi - intensivos e intensivos para el cultivo de especies de importancia económica, como las carpas y mojarras, y más recientemente especies de alto valor comercial entre las que destacan: trucha, langostino, camarón, bagre y diversos bivalvos, arrojando para 1987 una producción total por acuicultura de 174,000 toneladas (Olmos y Tejeda, 1990).

Estos datos son obtenidos partir de registros de captura en las grandes presas y de producción en los centros piscícolas estatales y privados del país, existiendo un hueco enorme sobre información referente a crecimiento de peces y condiciones de calidad de agua en embalses de 1 a 10 hectáreas. En estos sistemas se ha generado información sobre cultivos a nivel extensivo y semi - intensivo utilizando en estos últimos jaulas o corrales con alimento suplementario o únicamente alimento adicional.

Se ha escrito mucho sobre cultivos semi - intensivos a nivel internacional y muy poco en lo referente a México, a nivel internacional se mencionan los trabajos de Ishak (1987) en Egipto:

Ishak reporta para *Oreochromis niloticus* crecimientos de 51.6 a 129.8 g. en 90 días, utilizando jaulas y alimento suplementario con 20 % de proteína y densidades de siembra de 40 orgs/m³. Bajo las mismas condiciones de alimentación obtuvo crecimientos de 24.6 a 50.8 g con 50 org/m³, de 24.6 a 155.5 g con 100 org/m³ y de 24.6 a 108.1 g con 200 org/m³, todos ellos en 90 días de experimentación.

Para la misma especie Ishak y Hassanen (1987) reportan que cuando el alimento adicionado posee el 26 % de proteína el peso de los organismos se incrementa de 33.7 a 123.8 g y si posee el 32 %, los organismos crecen de 33.2 a 125.2 g en 90 días.

Los manejos descritos implican un costo económico, que va de moderado a elevado, y la necesidad de un mayor tiempo dedicado al cultivo.

En los sistemas temporales el manejo que se requiere es el de resiembras periódicas, disminuyendo los costos de producción al aprovechar la fertilización natural de los sistemas.

Guerra y Peña (1985), reportan para el embalse de Michapa, en el Edo. de Morelos, una variación muy marcada en el área y volumen del sistema, provocando la dilución y concentración de las sales y sólidos en suspensión. Para el fitoplancton reportan las siguientes divisiones, en orden decreciente de abundancia: clorofitas, cianofitas y bacillariofitas; y en el mismo orden el zooplancton estuvo constituido por cladóceros, copépodos y rotíferos. En el sistema se encontró que los parámetros que explican en una mayor proporción la variabilidad son: el oxígeno disuelto, bióxido de carbono, alcalinidad, dureza total, pH, temperatura, conductividad y fitoplancton.

Asimismo en el monocultivo de mojarra (*Oreochromis molepis hornorum*), se determinó un crecimiento de tipo alométrico, con una tasa baja de crecimiento. Los valores de KM reflejaron que la robustez fue baja.

Albor, et. al. (1984), determinaron para el bordo de temporal Chavarría en el Edo. de Morelos, en el período comprendido entre noviembre de 1983 y abril de 1984, un área máxima de 13,189 m² y un volumen de 12,153 m³ para el mes de septiembre, mientras que el área mínima fue de 2,415 m² con un volumen de 591 m³ en el mes de abril. El crecimiento de la mojarra fue de tipo alométrico negativo, estimando un peso máximo de 203.37 g y una longitud máxima de 22.65 cm en 28 semanas.

En lo referente al fitoplancton las divisiones dominantes, en orden decreciente de importancia fueron: clorofitas, cianofitas y bacillariofitas. Los rotíferos fueron el grupo de zooplancton que dominó a lo largo del estudio.

Hernández (1987), trabajó en el mismo bordo y encontró que el sistema se caracterizó por dos fases: una de dilución con un área de 15,687 m² y volumen de 14,300 m³ en el mes de septiembre de 1984, y otra de concentración con un área de 6,373 m² y volumen de 4,300 m³ en febrero de 1985.

Los resultados del análisis de factor revelaron que la temperatura, dureza total y al calcio, alcalinidad y conductividad para superficie y fondo, fueron las variables que más influyeron en el comportamiento del sistema.

Al utilizar la técnica del policultivo, con la mojarra (*Oreochromis molepis hornorum*) como especie principal, carpa plateada (*Hipophthalmichthys molitrix*) y carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*) como especies acompañantes, encontró para la relación peso-longitud las siguientes ecuaciones:

$$W = 0.05587 L^{2.9051} \text{ (mojarra)}$$

$$W = 0.05955 L^{2.5791} \text{ (carpa plateada)}$$

$$W = 0.09141 L^{2.4977} \text{ (carpa cabezona)}$$

Lo que indica para las tres especies un crecimiento de tipo alométrico negativo. La carpa cabezona fue la especie que alcanzó la longitud y peso más altos con 26.27 cm y 299.91 g en 21 semanas, le siguió la carpa plateada con 24.56 cm y 229.26 g en 17 semanas y finalmente la mojarra con 17.53 cm y 229.35 g en 20 semanas.

La especie que presentó un mayor KM fue la carpa cabezona, siguiendo en orden decreciente la carpa plateada y por último la mojarra; encontrándose una elevada correlación entre el KM de estas especies y las variables obtenidas del análisis de factor.

Torres (1989), evaluó el crecimiento y robustez de la tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) y la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) en el mismo período que Hernández (1987), y reporta para las dos especies un crecimiento de tipo alométrico negativo, estimó que la tilapia puede alcanzar una longitud y peso máximos de 17.53 cm y 229.35 g en 20 semanas, y la carpa una longitud y peso máximos de 32.47 cm y 537.89 g en 33 semanas, con un registro mayor de KM para la carpa barrigona.

Se ha estudiado el comportamiento limnológico de los bordos de temporal por medio del análisis de sistemas, en donde las variables son agrupadas en cuatro compartimientos: climáticos, morfométricos, físicos y químicos, y biológicos (Arredondo y Ponce, 1986).

Los resultados han mostrado que el empleo de las técnicas estadísticas multivariadas son adecuadas para describir los efectos separados y combinados que ejercen las variables exógenas y endógenas en la conducta del embalse; por lo que se concluye que el comportamiento limnológico depende en gran medida de las fluctuaciones en el volúmen del agua almacenada, el factor edáfico y la temperatura, y en menor proporción de la cantidad de organismos presentes en el fitoplancton.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

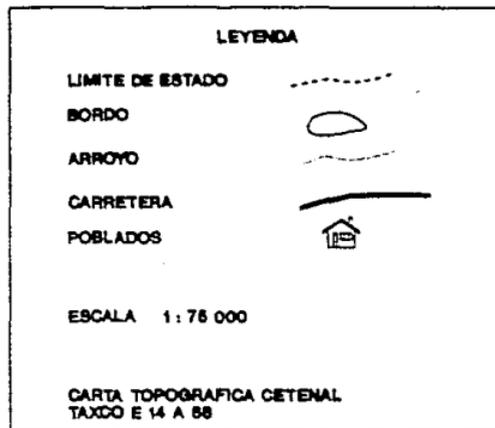
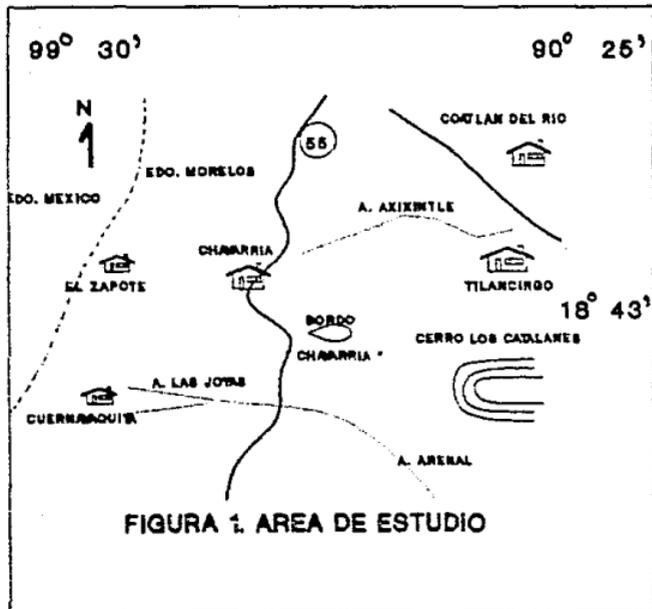
El bordo de temporal Chavarría se encuentra localizado en el poblado del mismo nombre, perteneciente al Mpio. de Coatlán del Río en el Edo. de Morelos. Se localiza geográficamente a $18^{\circ} 43' 3''$ de latitud norte y $99^{\circ} 28' 2''$ de longitud oeste, a una altitud de 1110 m.s.n.m. (Fig. 1).

El tipo de clima es Aw" (w) (i') g cálido subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. La precipitación pluvial media anual fluctúa entre 800 y 1,000 mm y la temperatura anual registra un valor promedio de 26 a 27°C (García, 1981).

La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 32 a 33°C . La más baja se registra en los meses de enero y diciembre, ambos con un intervalo que va de 20 a 21°C .

El área de estudio posee un suelo Feosem háplico y Regosol eútrico, pedregoso en fragmentos mayores a 7.5 cm en la superficie y cerca de ella, que impiden el uso de maquinaria agrícola, se compone generalmente de rocas sedimentarias clásticas.

La agricultura es de temporal. Estos suelos son de aptitud alta para el desarrollo de especies forrajeras y aptitud baja para el establecimiento de pastizal cultivado (CETENAL, 1968).



OBJETIVOS

GENERAL.

Determinar el crecimiento de la carpa barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) bajo la técnica de bicultivo en el nivel extensivo en el bordo de temporal Chavarría y encontrar las relaciones que existen entre algunos de los factores hidrobiológicos del sistema con el crecimiento de los peces.

ESPECIFICOS

1.- Obtener la morfometría del sistema determinando:

- La línea de costa, área superficial, profundidad máxima y volumen.

2.- Conocer la calidad del agua evaluando los siguientes parámetros:

Físicos:

- Temperatura, transparencia, conductividad y pH.

Químicos:

- Oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza total y al calcio.

3.- Encontrar la relación existente entre los parámetros morfométricos y las condiciones físicas y químicas del cuerpo acuático.

- 4.- Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del plancton del sistema:
 - Identificar el fitoplancton en el nivel de división y el zooplancton en el nivel de grupo.
 - Obtener la densidad relativa y absoluta.
 - Establecer la relación entre el plancton y la calidad del agua.
- 5.- Evaluar el crecimiento de la carpa barrigona y la tilapia por medio del análisis de :
 - La relación peso - longitud.
 - El modelo de Von Bertalanffy.
 - Tasa relativa de crecimiento.
 - Porcentaje en peso ganado.
 - Factor de condición múltiple (KM).
- 6.- Determinar las variables (físicas, químicas, o biológicas) que presentan una mayor influencia en el comportamiento del sistema.

MÉTODOS

El presente trabajo se dividió en tres etapas:

- A) CAMPO
- B) LABORATORIO
- C) GABINETE

A) CAMPO

Esta etapa abarcó los siguientes aspectos:

a.1) Ubicación de las estaciones de monitoreo.

Se determinaron mensualmente las condiciones físicas y químicas del bordo a dos niveles: superficie y fondo, de junio de 1989 a enero de 1990, para lo cual se establecieron 10 estaciones de monitoreo tomando como base trabajos previos en el sistema (Fig. 2).

En cada una de las estaciones se registraron los siguientes factores:

a.1.1) Meteorológicos:

- Temperatura ambiente, con un termómetro de - 10 a 150 °C y precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$.
- Porcentaje de nubosidad y dirección del viento, por observación directa.

a.2) Morfometría

Para encontrar la forma del cuerpo de agua se midió el perímetro con una cinta de 30 m y la orientación con una brújula marca Brunton, usando como referencia el punto de partida, el punto visado, el rumbo y la distancia de los mismos (Welch, 1952).

ESCALA
1 : 1000

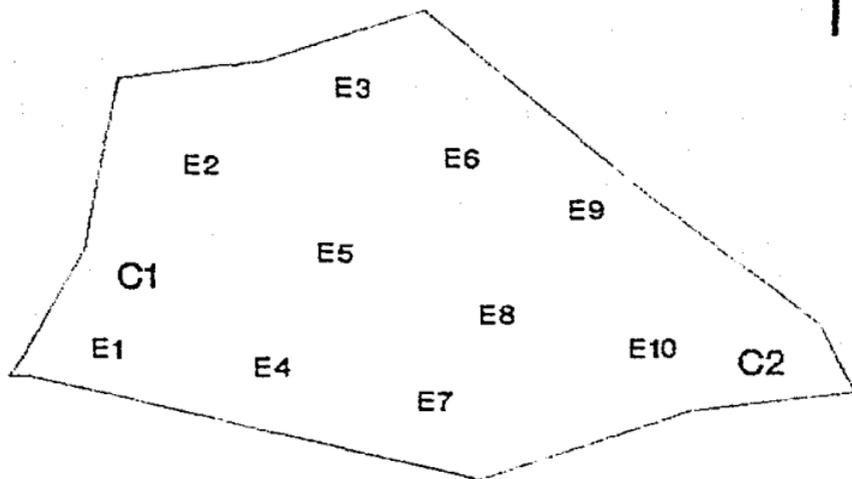


FIGURA 2. ZONAS DE CAPTURA (C) Y DE MONITOREO DE
PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS (E).

a.3) Físicos y químicos del agua.

- Transparencia, por medio de un disco de Secchi de 20 cm de diámetro.

Para la colecta de muestras se utilizó una botella Van Dorn de tres litros de capacidad, una vez obtenida la muestra se registraron: la temperatura, con un termómetro de - 10 a 150 °C, el pH con un potenciómetro de campo marca Conductronic modelo pH 10 con precisión de 0.01 y la conductividad con un conductímetro de campo marca Conductronic modelo CL 8 y una precisión de 0.1 μ mhos/cm.

Se tomó una muestra de agua para la determinación del oxígeno disuelto con una botella DBO clara de volumen conocido utilizando la técnica de Winckler con la modificación de la Azida de sodio.

Para la determinación de la alcalinidad se utilizó la técnica de los indicadores y para la dureza total y al calcio la técnica complejométrica (Wetzel and Likens, 1979; APHA, 1980; Arredondo, 1986).

a.4) Toma de muestras de fitoplancton.

Las muestras de fitoplancton se tomaron con la botella Van Dorn conjuntamente con las de parámetros físicos y químicos, se guardaron en botellas de plástico de 250 ml de capacidad y se fijaron con acetato de lugol para su posterior análisis (Schwoerbel, 1975).

a.5) Toma de muestras de zooplancton.

Se tomaron las muestras utilizando una red de cono truncado, luz de malla de 180 μ y un diámetro de boca de 30 cm, posteriormente se fijaron en una botella de plástico de 1 l de capacidad con formol al 3 % neutralizado con borax (Schwoerbel, 1975), para ello se hicieron arrastres de 3.5 m en las estaciones de monitoreo.

a.6) Peces.

La densidad de siembra de la carpa barrigona fue de 15,000 organismos con una talla de 2.0 cm y se obtuvo de la piscifactoria de Tezontepec Hgo.

Debido a que el sistema no se seco completamente en el ciclo anterior, quedaron en el organismos de tilapia, razón por la cual ya no fue necesario hacer la siembra de ésta especie y dada su alta tasa de reproducción se empleó la técnica de la cosecha parcial de las crías que se reclutan por reproducción.

Después de la introducción se llevaron a cabo capturas mensuales en donde se registraron las siguientes mediciones :

a) Longitud total, patrón y altura (mm), con un ictiometro de precisión de 1 mm .

b) Peso total (g) con una balanza granataria Ohaus con precisión de 0.01 g .

La captura de los peces se realizó con un chinchorro playero de 30 m de largo, 2 de ancho, luz de malla de 0.01 m y un copo de 2 m de largo. Las zonas de captura se escogieron dadas las condiciones del cuerpo de agua, tales como pedregosidad, profundidad y de acceso a la zona. El tamaño de la muestra estuvo en función de los organismos que se lograban capturar. Después de hacer la biometría los peces fueron devueltos al sistema.

B) LABORATORIO

b.1) Analisis de plancton.

Para el análisis de las muestras de fitoplancton se tomó una alícuota de 8 ml de las muestras previamente fijadas con acetato de lugol y se colocó en una cámara de sedimentación por 24 hrs., posteriormente se hizo la lectura en un microscopio invertido

marca American Optical siguiendo la técnica de conteo descrita por Uthermol (Schwoerbel, 1975) identificando los organismos en el nivel de división, utilizando para ello las claves de Ward y Whipple (1976), Needham y Needham (1978) y Ortega (1984).

Para determinar el número de organismos zooplanctónicos por unidad de volumen se aplicó el método de conteo directo con ayuda de un microscopio de contraste de fases y cámaras de recuento cuadrículadas (0.5 x 0.5 cm) (Schwoerbel, 1975), los organismos se determinaron en el nivel de orden (cladóceras), subclase (copépodos) y clase (rotíferos), siguiendo las claves de Needham y Needham (1978), Pennak (1978) y Ward, et. al. (1976).

C) GABINETE

c.1) Morfometría.

Con los datos que se registraron en campo (línea de costa y orientación) se procedió a elaborar el mapa del sistema; calculando el área superficial (A_0) por el método de corte y peso. Con los datos de A_0 y profundidad máxima (z_m) se calcularon los parámetros:

- Desarrollo de la línea de costa (D_L):

$$D_L = L / 2 (\pi A_0)^{1/2}$$

- Profundidad media:

$$\bar{z} = V / A_0$$

- Profundidad relativa:

$$z_r = 50 z_m (\pi)^{1/2} / (A_0)^{1/2}$$

- Relación entre la profundidad media y la máxima:

$$\bar{z} / z_m$$

- Desarrollo del volumen (D_v):

$$D_v = 3z / z_m$$

(Hutchinson, 1975; Wetzel y Likens, 1979; Wetzel, 1981).

- Volumen (V): Se calculó a través de una regresión lineal a partir de los datos batimétricos obtenidos por Albor, et. al., (1984).

c.2) Factores Físicos y Químicos.

A los datos físicos y químicos del agua (temperatura, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, dureza total, dureza por calcio y conductividad), se les aplicaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov - Smirnov (Sokal, 1981; Marques, 1988), de homocedasticidad de Barlett (Sokal, 1981), y un análisis de varianza entre superficie y fondo (Marques, 1988).

c.3) Determinación de la densidad del plancton.

Para conocer la densidad relativa y absoluta del fitoplancton (U.B./l) y zooplancton (org./l) se aplicaron las siguientes fórmulas (Odum, 1981):

$$\text{Densidad Relativa} = \text{Densidad por gpo.} / \text{Densidad total.}$$

$$\text{Densidad Absoluta} = \text{Densidad total} / \text{Volumen total.}$$

c.4) Peces.

c.4.1) Determinación de la relación Peso-Longitud.

Con los datos de longitud patrón y peso total de los peces se estimó la relación que existe entre estas variables mediante la fórmula:

$$W = a L^b$$

Donde:

W = Peso total (g).

L = Longitud patrón (mm).

a y b = Constantes a determinar.

Ecuación que una vez linealizada quedó:

$$\log W = \log a + b \log L$$

Esta determinación se hizo para conocer la proporción con la que aumenta el peso con respecto a la longitud y visceversa, además del tipo de crecimiento de los peces.

Las constantes a y b (pendiente) se obtuvieron mediante una regresión del modelo linearizado.

El tipo de crecimiento esta determinado por la pendiente, que al tomar un valor de 3 indica un crecimiento de tipo isométrico; mientras que cuando es diferente de 3 es alométrico (Gulland, 1966; Pauly, 1984).

c.4.2) Modelo de Von Bertalanffy.

Se empleó éste modelo para determinar el crecimiento de los peces, ya que cumple con los requisitos básicos de una ecuación de crecimiento como son: que indique el largo o peso de los individuos de la población a cualquier edad, que pueda ser fácilmente incorporada a modelos de rendimiento, que utilice un mínimo de constantes con significado biológico, que permita hacer comparaciones inter e intraespecíficas y que pueda ser fácilmente calculada.

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t - t_0)})$$

Donde:

L_t = Longitud del pez a la edad t.

L_{∞} = Longitud máxima que el pez puede alcanzar cuando t tiende a infinito.

K = Coeficiente catabólico.

t_0 = Edad del pez cuando su longitud es cero.

(Gulland, 1966; Csirke, 1980; Ehrhardt, 1981; Everhart, y Youngs, 1981; Pauly, 1984).

c.4.3) Tasa de crecimiento relativa.

Se evaluó mediante la fórmula :

$$(W_t - W_0) / \Delta_t$$

Donde:

W_t = Peso (g) al tiempo t.

W_o = Peso Inicial (g).

Δ_t = Intervalo de tiempo.

(Medina-García, manuscrito).

c.4.4) Porcentaje en peso ganado.

- Se obtuvo aplicando la fórmula:

$$\% \text{ Peso Ganado} = (W_t - W_o / W_o) 100$$

Donde:

W_o = Peso inicial (g).

W_t = Peso final (g).

(Kanazawa, et. al., 1978).

c.4.5) Factor de condición múltiple (KM).

Su estimación ayuda a conocer el nivel de alimentación de los peces y nos permite comparar poblaciones sometidas a diferentes condiciones o en distintos cuerpos de agua. El KM toma en cuenta la altura del pez ayudando así a un mayor conocimiento sobre su robustez.

$$KM = W / L^b A^c$$

Donde:

KM = Factor de condición múltiple.

W = Peso total (g).

L = Longitud patrón (cm).

A = Altura (cm).

b y c = Constantes a determinar.

(Kuri, 1979; Medina, 1980).

c.5) Análisis Multivariado.

Posterior a las pruebas de normalidad realizadas a los datos de calidad de agua, se procedió a determinar cuáles de las variables estudiadas fueron las responsables del comportamiento limnológico del sistema, como los valores de los parámetros físicos y químicos del agua se obtuvieron de un sólo sistema y fueron de naturaleza homogénea, se realizó un Análisis de Factor (Kendall, 1972; Gnanadesikan, 1977; Cuadras, 1981; Bernstein, 1988).

Paralelamente se realizó una matriz de correlación entre los parámetros de calidad de agua y los factores morfométricos del sistema para determinar la relación que existió entre ellos.

Mediante una regresión múltiple, que consideró a la densidad total de fitoplancton como dependiente de las variables contenidas en el factor I, y posteriormente una matriz de correlación de las variables descritas, se determinaron las de mayor influencia sobre el fitoplancton. Siguiendo el mismo procedimiento, pero considerando a la densidad total de zooplancton como variable dependiente, se determinó a las variables que tienen una mayor influencia sobre ella (Willemsen, 1973; Digby y Kempton, 1987).

Para determinar los parámetros de mayor importancia sobre el crecimiento de los peces se manejó la misma técnica, considerando como variables dependientes a la tasa de crecimiento, el porcentaje de peso ganado, ambos mensuales, y el Factor de Condición Múltiple (KM) de cada una de las especies estudiadas, se utilizaron como variables independientes las que conforman el factor I, además de las densidades totales de fito y zooplancton.

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

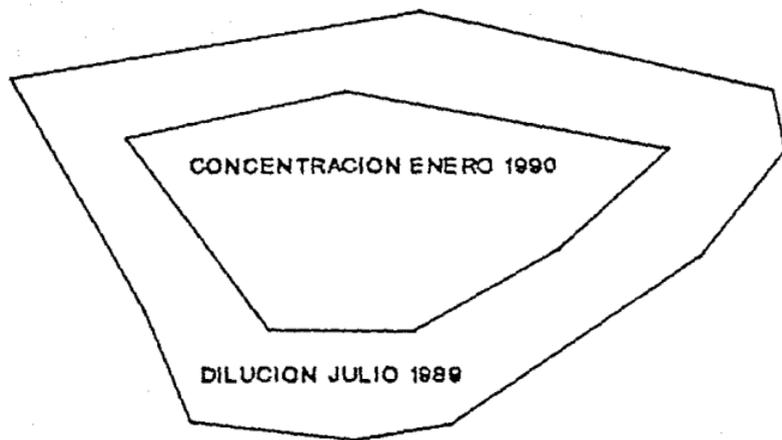
MORFOMETRIA

La morfología de un cuerpo de agua ejerce efectos importantes sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos y juega un papel relevante en el control de la dinámica del mismo, tomando en cuenta las condiciones climáticas y su localización, condicionada en gran medida el grado de erosión y de sedimentación.

Los bordos de temporal están caracterizados por fluctuaciones en el área y volumen, definiéndose dos fases: Una de dilución y otra de concentración. La existencia de estos sistemas esta sujeta a las condiciones de la zona y su permanencia depende de la temporada de lluvias, afluentes, tasas de evaporación y filtración.

Durante el período de estudio, el bordo de temporal Chavarria presentó estas dos fases: La primera de dilución de junio a julio, con un área máxima de $8,537 \text{ m}^2$ y un volumen de $6,596 \text{ m}^3$, y la segunda de concentración de agosto a enero, con un área mínima de $3,186 \text{ m}^2$ y un volumen de 829 m^3 (Fig. 3, Tabla 1). Lo que representa una disminución del 62.6 % en el área y 87.43 % en el volumen del sistema.

La etapa de dilución fue consecuencia de las lluvias de verano, las cuales son la fuente principal de abastecimiento. Sin embargo, en este estudio no se llegó a inundar en su totalidad, puesto que Albor, *et. al.* (1984) y Torres (1989) reportan para la etapa de dilución un area máxima de $13\ 189 \text{ m}^2$ y $15,687 \text{ m}^2$ respectivamente en el mes de septiembre.



ESCALA:
1:1000

FIGURA 3. FASES DE DILUCION Y CONCENTRACION EN EL BORDO CHAVARRIA.

| MES | $A_B (m^2)$ | $U (m^3)$ | $L (m)$ | D_L | $Z_n (m)$ | $Z (m)$ | Z_P | Z/Z_n | D_v |
|-----|-------------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|---------|-------|
| JUN | 8 185 | 6 138 | 368.5 | 1.15 | 1.78 | 8.75 | 1.67 | 0.44 | 1.33 |
| JUL | 8 537 | 6 596 | 379 | 1.15 | 1.57 | 8.77 | 1.58 | 0.49 | 1.47 |
| AGO | 6 889 | 4 388 | 335 | 1.18 | 1.61 | 8.67 | 1.78 | 0.41 | 1.25 |
| SEP | 6 864 | 3 925 | 327 | 1.18 | 1.38 | 8.64 | 1.57 | 0.46 | 1.48 |
| OCT | 6 886 | 3 955 | 334 | 1.28 | 1.39 | 8.64 | 1.57 | 0.46 | 1.48 |
| NOV | 5 716 | 3 556 | 314 | 1.17 | 1.28 | 8.62 | 1.48 | 0.51 | 1.55 |
| DIC | 4 135 | 1 852 | 279 | 1.22 | 1.87 | 8.44 | 1.47 | 0.41 | 1.25 |
| DNE | 3 186 | 829 | 254.5 | 1.27 | 8.78 | 8.26 | 1.22 | 0.33 | 1.88 |

TABLA 1. PARAMETROS MORFOMETRICOS REGISTRADOS EN EL BORDO DE TEMPORAL CHAVARRIA.

La etapa de concentración fue ocasionada por la época de estiaje, la evaporación y filtración del agua, y por el consumo de las actividades agropecuarias en la zona. Albor et. al. (1984) y Torres (1989) reportan en la etapa de concentración un área mínima de 2,416 m² y 6,376 m² para los meses de abril y febrero respectivamente, lo que significa que la etapa crítica en la disminución del área y volumen es durante el invierno y principios de primavera.

El Desarrollo de la línea de costa (D_L) es un parámetro morfométrico que indica la forma del cuerpo de agua. El valor encontrado para este sistema fue de 1.19 (Tabla 1), por lo que se le ubica como un cuerpo de forma tendiente a la circular (Metzel y Likens, 1979; Metzel, 1981).

Valores similares fueron reportados por Albor et. al. (1984) y Torres (1989), con lo que se observa que el sistema presenta una forma que tiende a la circular a través del tiempo.

La profundidad media (\bar{z}) se considera el mejor índice de las condiciones morfométricas, la cual muestra una correlación inversa con respecto a la productividad en todos los niveles tróficos de los cuerpos de agua grandes. Esta relación pierde valor en los sistemas pequeños e indica que la regulación de la dinámica del metabolismo y de la productividad en los ecosistemas acuáticos es variable (Metzel, 1981). De acuerdo a Cole (1979) el sistema Chavarría se considera productivo al presentar valores de profundidad media menores a 1 m (Tabla 1).

La profundidad relativa (z_r), es la profundidad máxima expresada como porcentaje del diámetro medio, valores menores al 2 % indican una baja estabilidad en la estratificación. El valor máximo encontrado en este estudio fue de 1.78 (Tabla 1), lo cual implica que el bordo presenta procesos de mezcla.

El cociente de la relación entre la profundidad media y la profundidad máxima (\bar{z}/z_m) es un valor comparativo de la forma de la cubeta en términos de desarrollo volumétrico. El valor de 0.467 para este cociente, calculado para la mayoría de los cuerpos de agua grandes, refleja que la forma de la cubeta es una senoide elíptica, cuyo cociente oscila entre 0.33 y 0.5 (Neumann, 1959; Wetzel, 1981).

Los valores obtenidos en este estudio para el cociente \bar{z}/z_m (Tabla 1) indican que el sistema está ubicado sobre roca fácilmente erosionable que puede contribuir al aumento en la cantidad de nutrientes inorgánicos.

La relación z/z_m y el D_v nos da una idea del modelo que sigue la acumulación de sedimentos en el bordo y la importancia que ésta tiene sobre la dinámica hidrológica del sistema; por lo que de acuerdo a los valores obtenidos de ambos parámetros, el cuerpo de agua presenta una forma senoide elíptica, cuya base es una elipse, y la superficie una senoide, lo anterior significa que presenta una amplia superficie de contacto entre la materia en descomposición y el oxígeno superficial, lo que implica una mayor productividad (Neumann, 1959; Cole, 1979; Torres, 1989).

FACTORES FISICOS Y QUIMICOS

Como resultado de las pruebas de normalidad de Kolmogorov - Smirnov, homocedasticidad de Barlett y el análisis de varianza entre superficie y fondo, se obtuvo que todos los parámetros físicos y químicos del agua cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad al 99 % de confianza, y que sólo existe una diferencia significativa entre superficie y fondo para temperatura y oxígeno disuelto.

De acuerdo a lo antes expuesto, se optó por manejar los promedios de los parámetros para la obtención e interpretación de los resultados.

El bordo de Chavarría, al igual que otros bordos de temporal se caracterizó por presentar una fase de dilución y otra de concentración, las cuales provocan una disminución y un aumento respectivamente de las sales y iones disueltos en el agua, afectando el rendimiento piscícola y las condiciones hidrológicas (Rosas, 1976; García, 1977; Arredondo y García, 1982; Arredondo y Ponce, 1986), de acuerdo a Lewis (1983) el bordo se clasifica como polimíctico cálido continuo, por la latitud en que se ubica y la profundidad que presenta, pero para el periodo de estudio el comportamiento registrado fue de monomíctico cálido, al no contar con registros diarios ni de ciclos nictimerales.

En el mes de junio se presentaron las concentraciones mínimas para la alcalinidad, durezas total y al calcio, y conductividad (Tabla 2), siendo este mes el que marca el inicio de la etapa de dilución.

Durante la fase de dilución la conductividad se mantuvo en el intervalo de 220 a 480 $\mu\text{mhos/cm}$, ubicando al bordo de Chavarría como de aguas de baja a mediana salinidad (Chavira, 1980) lo que

| MES | TEMPERATURA SUPERF. (°C) | TEMPERATURA FONDO (°C) | OXIGENO D. SUPERF. (mg/l) | OXIGENO D. FONDO (mg/l) | ALCALINIDAD SUPERF. (mg/l) | ALCALINIDAD FONDO (mg/l) | pH SUPERF. | pH FONDO |
|-----|--------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|------------|----------|
| JUN | 31.5 | 25.2 | 6.64 | 1.22 | 93.86 | 95.93 | 7.54 | 6.69 |
| JUL | 32.2 | 25.8 | 4.86 | 2.19 | 113.37 | 115.72 | 6.65 | 6.43 |
| AGO | 33.6 | 27 | 8.25 | 8.98 | 186.8 | 187.6 | 8.81 | 6.92 |
| SEP | 31.9 | 27.6 | 6.1 | 2.29 | 183.6 | 185.2 | 7.32 | 7.21 |
| OCT | 30 | 24.7 | 5.58 | 8.96 | 118 | 118.88 | 7.56 | 7.49 |
| NOV | 27.6 | 24 | 5.19 | 8.96 | 128.77 | 128.84 | 7.31 | 7.24 |
| DIC | 26.3 | 22.9 | 2.84 | 8.88 | 161.26 | 159.72 | 7.46 | 7.46 |
| ENE | 23.8 | 22.4 | 2.24 | 1.12 | 178.64 | 177.76 | 7.87 | 7.6 |

| MES | DUREZA TOT. SUPERFICIE (mg/l) | DUREZA TOT. FONDO (mg/l) | DUREZA C. SUPERFICIE (mg/l) | DUREZA C. FONDO (mg/l) | CONDUCTIVIDAD SUPERFICIE (µ mhos/cm) | CONDUCTIVIDAD FONDO (µ mhos/cm) | TRANSPARENCIA (cm) |
|-----|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| JUN | 84.27 | 86.79 | 18.43 | 17.86 | 231 | 236 | 8.3 |
| JUL | 89.697 | 98.48 | 22.36 | 21.76 | 242 | 239 | 13.75 |
| AGO | 88.71 | 81.29 | 21.21 | 21.82 | 255 | 239 | 11.1 |
| SEP | 78.63 | 78.63 | 28.32 | 28.63 | 264 | 261 | 18.6 |
| OCT | 91.86 | 88.21 | 28.68 | 28.6 | 227 | 231 | 9.55 |
| NOV | 118.39 | 119.29 | 26.6 | 26.88 | 319 | 318 | 4.7 |
| DIC | 129.34 | 129.34 | 25.67 | 26.83 | 392 | 388 | 3.65 |
| ENE | 165.44 | 166.42 | 38.13 | 38.13 | 461 | 458 | 3.4 |

TABLA 2. PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS REGISTRADOS EN EL BORDO DE TEMPORAL CHAUARRIA (PROMEDIOS).

escasamente influye en la productividad primaria (De la Lanza, 1990). Para esta misma fase el registro de la alcalinidad fue de 100 mg/l, concentración que de acuerdo a Metzler y Likens (1979) y Boyd (1982) favorece la productividad.

El máximo de conductividad se registró en enero con 458 μ ahos/cm.

Del mes de agosto en adelante hubo un aumento gradual en las concentraciones de la alcalinidad, dureza total, dureza al calcio y conductividad tanto en superficie como en fondo (Figs. 4, 5, 6 y 7), lo que se relaciona directamente con la disminución del volumen en el sistema a causa del estiaje. En el mismo periodo se registró una disminución en la temperatura del agua, oxígeno disuelto y transparencia.

Los valores más altos de alcalinidad, dureza total, dureza al calcio y conductividad, se encontraron en la etapa de concentración (enero). La alcalinidad alcanzó un valor de 178 mg/l (Fig. 4), el cual está muy cercano al recomendado por Boyd (1982) y Arredondo (1986) para el cultivo de peces. La dureza total registró un valor máximo de 163 mg/l (Fig. 5) lo que ubica al sistema como de aguas moderadamente duras (Arredondo, 1986; Boyd, 1986).

Por lo que respecta al pH, los valores registrados en el periodo de estudio (Fig. 8) están dentro del rango de crecimiento óptimo de los peces (De la Lanza, 1990), y por mucho en el rango de tolerancia de las especies citado por Boyd (1982) y Arredondo (1986) que es de 6.5 a 9.0.

La medición de la alcalinidad, durezas, conductividad y pH nos revela la cantidad y formas que presenta el carbono inorgánico en un cuerpo de agua, el cual constituye uno de los principales nutrimentos para el metabolismo fotosintético de las algas y de los macrofitos sumergidos.

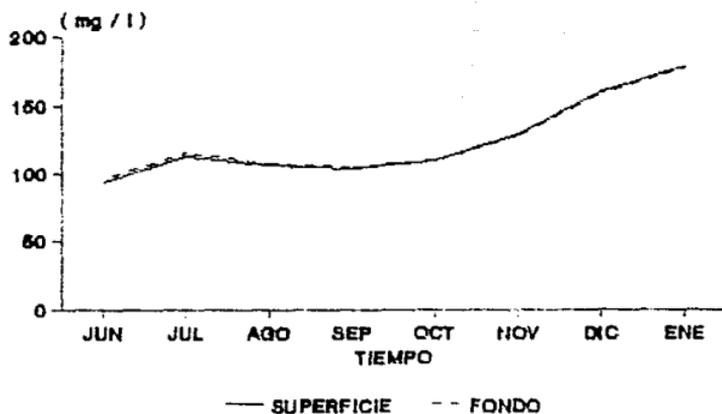


FIGURA 4. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA ALCALINIDAD.

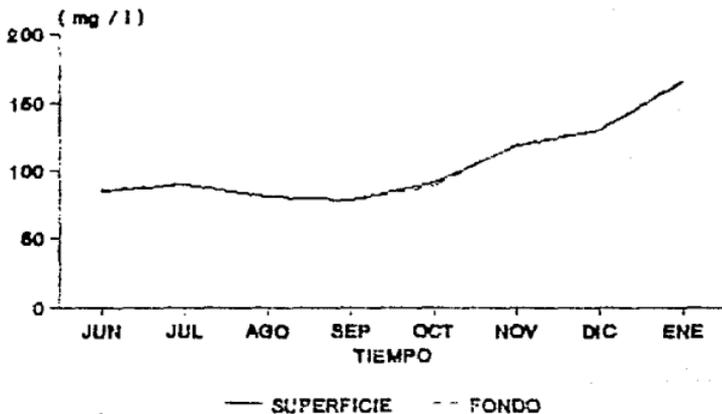


FIGURA 5. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA DUREZA TOTAL.

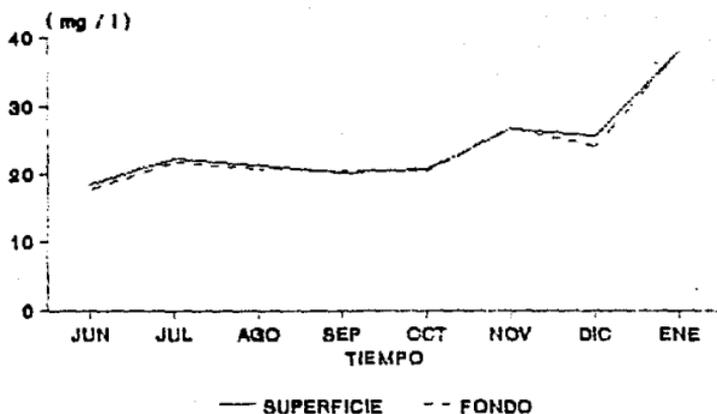


FIGURA 6. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA DUREZA AL CALCIO.

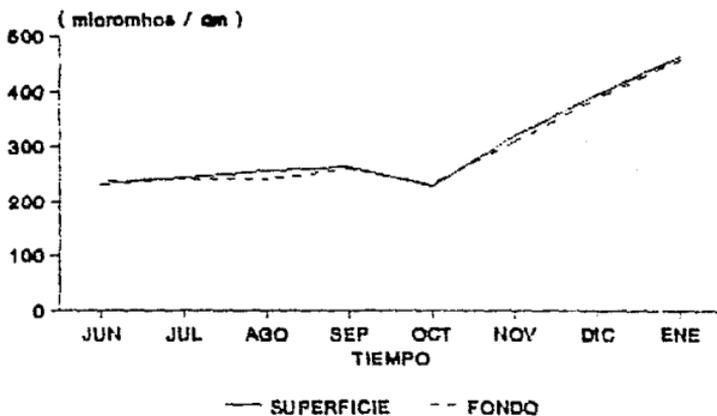


FIGURA 7. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONDUCTIVIDAD.

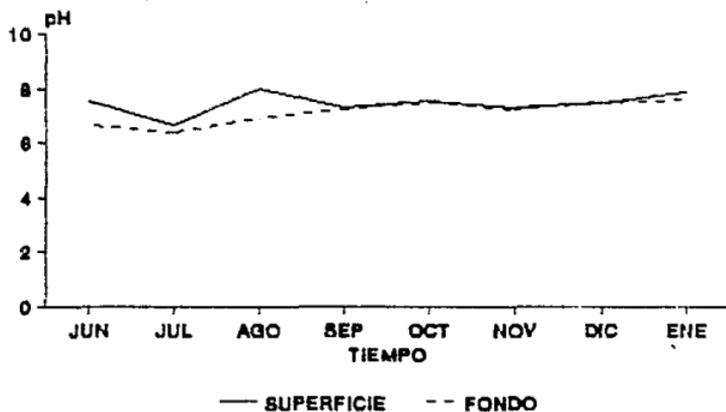


FIGURA 8. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DEL pH.

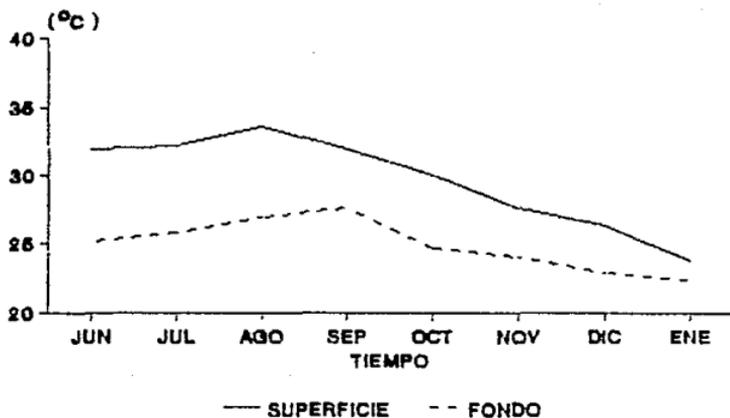


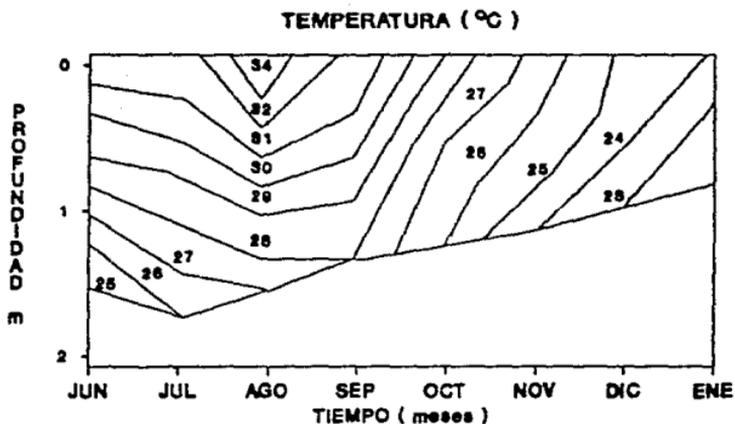
FIGURA 9. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.

Como se mencionó anteriormente, se encontraron diferencias significativas de temperatura entre superficie y fondo (Fig. 9, Tablas 1 y 2), en donde existen diferencias hasta de 6 °C entre superficie y fondo en la etapa de dilución y cerca de 1 °C en la etapa de concentración; la disminución de estas diferencias es consecuencia de la cercanía de los niveles provocada por la reducción del volumen. Estas diferencias en temperatura ocasionaron una estratificación térmica de junio a agosto y una mezcla de septiembre a enero (Fig. 10).

Como se sabe, los modelos resultantes en una estratificación térmica influyen de manera fundamental sobre los ciclos físicos y químicos de los cuerpos de agua, los cuales rigen la producción, utilización y descomposición de la materia orgánica. La fuente más grande de calor en un sistema acuático es la radiación solar, la cual es absorbida directamente por el agua, provocando su calentamiento. También se sabe que la absorción de la energía solar depende en gran medida de la cantidad y composición de las sustancias disueltas y en suspensión, la materia orgánica y el fitoplancton presentes en el agua y que más de la mitad de la absorción de esta energía se lleva a cabo en la zona fótica de cada sistema (Wetzel, 1981).

En el bordo de Chavarría se observó gran cantidad de material en suspensión, que junto con la comunidad fitoplanctónica impidieron el paso de la energía luminosa (efecto pantalla) hacia el fondo; aspecto que está reflejado en la escasa transparencia del agua (Fig. 11). Este efecto ocasionó que las aguas del fondo no se calentaran igual que las superficiales, presentando una diferencia muy grande entre estas dos capas.

El oxígeno es el parámetro más importante en un cuerpo de agua, es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobia.



**FIGURA 10. DIAGRAMA ESPACIO - TIEMPO -
TEMPERATURA PARA EL BORDO DE TEMPORAL
CHAVARRIA.**

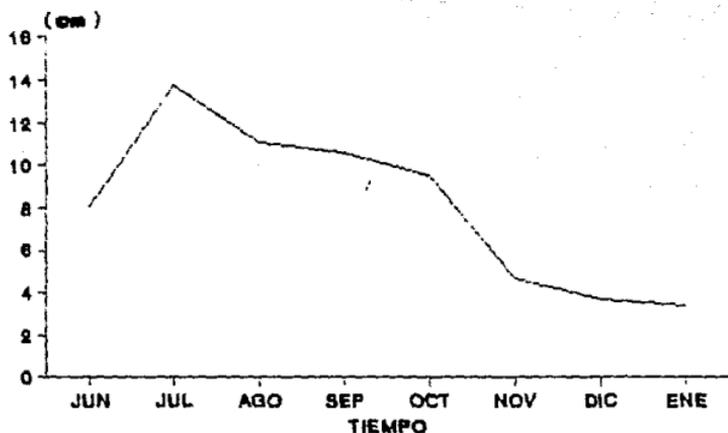


FIGURA 11. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA TRANSPARENCIA.

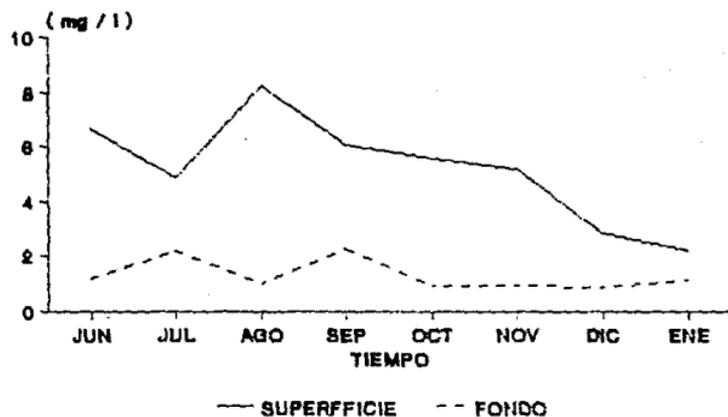


FIGURA 12. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DEL OXIGENO DISUELTO.

Al igual que la temperatura, el oxígeno disuelto presentó diferencias significativas entre superficie y fondo, presentando en superficie concentraciones de hasta 8 mg/l y en el fondo una situación cercana a la anoxia con cantidades inferiores a 1 mg/l (Fig. 12, Tabla 2).

La cantidad de oxígeno disuelto presente en la superficie se debe a los aportes procedentes de la atmósfera y principalmente a los procesos fotosintéticos (Piedrahita y Smith, 1989), los cuales se relacionan directamente con la transparencia del agua, al ser ésta la que nos indica el grosor de la zona eufótica; se puede observar a nivel superficial que al disminuir la transparencia disminuye la cantidad de oxígeno disuelto (Fig. 13), por lo que se deduce que la turbiedad provocada por el material en suspensión reduce la zona eufótica, inhibiendo la producción de oxígeno por la comunidad fitoplanctónica.

En el fondo de la cubeta se presentaron concentraciones de oxígeno cercanas a la anoxia (Tabla 2), esta situación puede deberse a dos aspectos: El primero es que exista un mínimo de actividad fotosintética y una alta tasa de oxidación de la materia orgánica producida en la zona eufótica, acarreada en la temporada de lluvias o excretada por los animales que utilizan al bordo como abrevadero. El segundo aspecto es que en el sistema existen mecanismos renovadores de circulación, posiblemente nocturnos, que distribuyen parte del oxígeno producido en la superficie hacia el fondo de la cubeta, lo que favorece que no se registrara anoxia total durante las horas de estudio. Los mecanismos renovadores pueden ser la energía eólica que incide sobre la superficie del cuerpo de agua, las corrientes de convección inducidas por el enfriamiento y la escasa profundidad del sistema, la interacción de todos ellos provoca una circulación en toda la columna, favoreciendo la distribución de calor y oxígeno en el fondo.

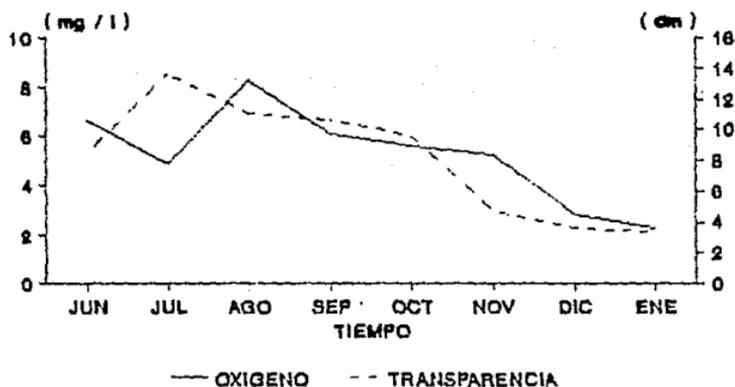


FIGURA 13. VARIACION ESPACIAL Y TEMPORAL DEL OXIGENO DISUELTO EN SUPERFICIE CON RESPECTO A LA TRANSPARENCIA.

Lo anterior se ve reforzado por el hecho de que las concentraciones de alcalinidad, durezas, conductividad y pH son semejantes tanto en la superficie como en fondo (Figs. 4, 5, 6, 7 y 8).

Una consecuencia negativa de los niveles cercanos a la anoxia en el fondo del bordo, es que hay un cambio de una situación aeróbica a una anaeróbica, común en la zona más profunda, haciéndola inhabitable para la mayoría de los animales y plantas. Otro cambio importante es que el metabolismo bacteriano pasa de aeróbico a anaeróbico, con una notable reducción de la eficiencia total en la descomposición de la materia orgánica, produciendo metano y ácido sulfhídrico, cuyos gases se percibían al hacer la colecta de la ictiofauna.

FITOPLANCTON

El fitoplancton constituye la principal fuente de entrada de energía a los ecosistemas acuáticos y la base de su mantenimiento, así mismo es responsable en gran medida del color, transparencia, estado trófico y producción de zooplancton y peces en dichos sistemas (Goldman y Horne, 1983).

Pocas especies de peces se alimentan directa o exclusivamente de fitoplancton, pero una gran abundancia favorece el aumento de la producción de zooplancton y bentos que sirven de alimento para los peces; de esta manera las mediciones de la productividad fitoplanctónica o de la abundancia del plancton pueden ser usadas como índices de una producción potencial de peces en los sistemas acuáticos (Boyd, 1982).

En la figura 14 se observan los cambios de la densidad total del fitoplancton durante el estudio, registrándose un máximo de 856,680 Unidades Biológicas por litro (U.B./l) en el mes de septiembre y un mínimo de 225,822 U.B./l en enero (Tabla 3) el cual coincide con el mínimo de volumen (Tabla 1) y de transparencia (Tabla 2).

Las mediciones de la conductividad, pH, alcalinidad y durezas total y al calcio, nos dan una idea de las cantidades y formas de las sales y iones presentes en el agua, que aportan carbono inorgánico a la comunidad fitoplanctónica para realizar la fotosíntesis (Wetzel y Likens, 1979). En el bordo Chavarría las mediciones de estos parámetros (Tabla 2) indican que las concentraciones de las sales y iones favorecen la producción fitoplanctónica (Wetzel, 1981; Boyd, 1982; Arredondo, 1986).

La reducción del volumen del sistema y de la temperatura del agua (Figs. 3 y 9, Tabla 1) limitaron la producción de fitoplancton a partir del mes de septiembre (Fig. 14). Dicha

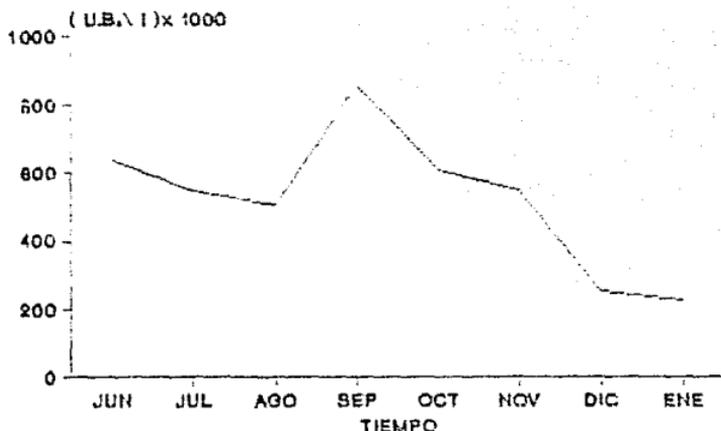


FIGURA 14. DENSIDAD TOTAL DEL FITOPLANCTON DEL BORDO CHAVARRIA.

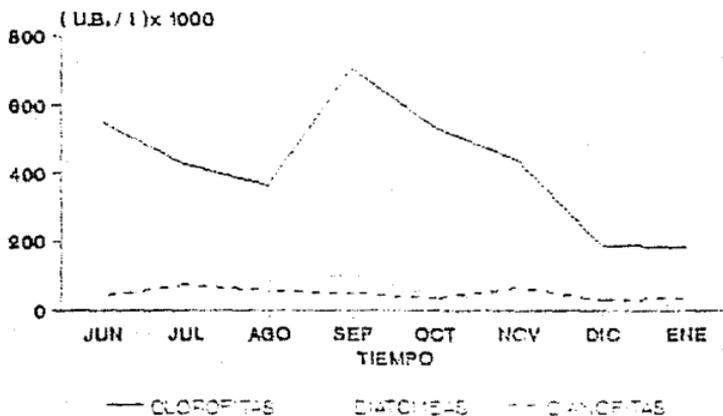


FIGURA 15. DENSIDAD DEL FITOPLANCTON EN EL BORDO CHAVARRIA POR DIVISION.

disminución en el volumen provocó que las concentraciones de las sales y iones disueltos (Figs. 4, 5, 6 y 7), pero sobre todo de los sólidos en suspensión, aumentarían considerablemente reduciendo la transparencia del agua (Fig. 11), fenómeno que ocasionó una disminución de la zona fótica declinando la producción de fitoplancton (Fig. 14).

En el bordo Chavarría se observó una reducción progresiva de la temperatura y la zona fótica a partir del mes de agosto (Figs. 9 y 11), lo cual afectó la producción de fitoplancton en los últimos cuatro meses, además de que la disminución del volumen del sistema provocó un aumento en la densidad de los peces, lo que elevó la cantidad de alimento consumido. Wetzel (1981) menciona que el crecimiento de las algas y las tasas de fotosíntesis están directamente relacionados con la temperatura.

Al variar la temperatura los organismos fitoplanctónicos se pueden adaptar o verse afectados disminuyendo su producción. Por lo que se deduce que los efectos ecológicos de la luz y temperatura sobre la fotosíntesis y el crecimiento de las algas son inseparables, debido a las interrelaciones entre su metabolismo y la luz.

De las tres divisiones encontradas en el sistema las clorofitas presentaron una mayor densidad durante todo el estudio (Figs. 15 y 16, Tabla 3), al contribuir en un alto porcentaje a la densidad total. Las bacillariofitas y cianofitas si bien fueron constantes en el tiempo, sus densidades fueron bajas (Figs. 15 y 16, Tabla 3).

Las diferencias cualitativas entre las especies de fitoplancton presentes pueden tener efectos sobre los componentes superiores de la cadena alimenticia y de esta manera ser de importancia económica (Margalef, 1983); por tal motivo los valores de densidad obtenidos mediante el análisis

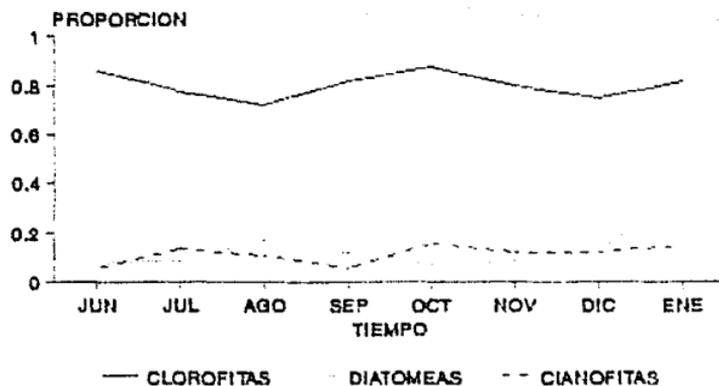


FIGURA 16. DENSIDAD RELATIVA DEL FITOPLANCTON POR DIVISION EN EL BORDO CHAVARRIA.

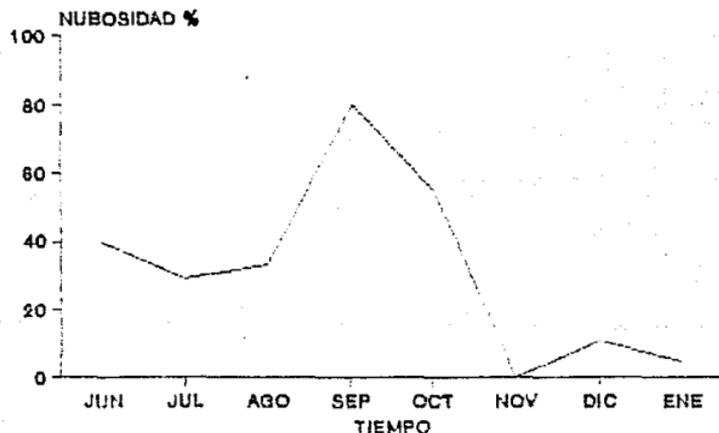


FIGURA 17. PORCENTAJE DE NUBOSIDAD AL MOMENTO DEL MUESTREO.

| M E S | FITOPLANCTON (U. D. / l) | | | | ZOOPLANCTON (Org. / l) | | | |
|-------------|-------------------------------|------------------|------------|---------|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| | DIVISION | | | | GRUPO | | | |
| | CLOROFITAS | BACILLARIOPFITAS | CINCOFITAS | TOTAL | CLANOCIDOS | COPEPODOS | ROTIFEROS | TOTAL |
| JUN | 549 210 | 51 725 | 37 642 | 638 616 | 1 024 | 743 | 18 | 1 785 |
| JUL | 424 446 | 46 339 | 73 597 | 545 160 | 180 | 482 | 164 | 745 |
| AGO | 364 730 | 86 966 | 53 210 | 504 922 | 122 | 264 | 127 | 519 |
| SEP | 704 814 | 183 840 | 48 026 | 856 680 | 78 | 183 | 139 | 321 |
| OCT | 532 180 | 41 536 | 33 748 | 607 464 | 7 | 127 | 113 | 247 |
| NOV | 434 830 | 45 430 | 66 198 | 546 458 | 43 | 185 | 68 | 276 |
| DIC | 186 912 | 32 450 | 29 054 | 249 216 | 287 | 530 | 10 | 827 |
| ENE | 184 316 | 7 788 | 33 748 | 225 852 | 28 | 537 | 170 | 734 |

TABLA 3. DENSIDAD TOTAL DE PLANCTON EN EL BORDO DE TEMPORAL CHAUARRIA.

cuantitativo se utilizan como indicadores del estado trófico del cuerpo acuático, ya que existen especies consideradas indicadoras de la fertilidad; el efecto de ellas sobre la comunidad y el ecosistema no sólo depende de la clase de organismo de que se trate, sino también de su densidad (Odum, 1981), de acuerdo a lo anterior el sistema Chavarría se clasifica como eutrófico.

La abundancia de las clorofitas se encontró relacionada de manera inversa a la incidencia luminosa en el sistema, medida a través de la nubosidad.

En el presente estudio se observó que los valores de nubosidad superiores al 40 % coincidieron con las mayores densidades de las clorofitas en los meses de junio, septiembre y octubre (Figs. 15 y 17), el registro de la máxima densidad de estos organismos se hizo al 80 % de nubosidad. Lo anterior indica que el crecimiento de las algas está directamente relacionado con la intensidad de la luz, no obstante la respuesta a la cantidad y calidad de ella es variable según las especies, ya que algunas poseen un grado considerable de adaptación a ciertos cambios de intensidad. Por otro lado la tasa real de fotosíntesis no es mucho mayor a intensidades altas que a bajas debido al efecto de inhibición de fotosíntesis que se produce a intensidades de luz muy altas (Wetzel, 1981).

Es evidente que las clorofitas se vieron favorecidas con una baja incidencia de luz, provocada por una alta nubosidad, en la cual mostraron su máxima eficiencia fotosintética.

Otro aspecto importante que explica el máximo de densidad de las clorofitas (Fig. 15), está relacionado al proceso de dilución (junio-julio) en el cual hay un acarreo de materia orgánica hacia el sistema, que posteriormente se oxida (agosto) poniendo a disposición los nutrimentos necesarios para el

desarrollo, los cuales eran asimilados por las clorofitas, favoreciendo con ello su mayor abundancia sobre las diatomeas y cianofitas.

Las bajas densidades de las diatomeas y cianofitas (Figs. 15 y 16) pueden deberse, en el caso de las diatomeas a la escasez de sílice en el agua (Margalef, 1983), y en las cianofitas, a bajas cantidades de materia orgánica (Boyd, 1982).

De acuerdo a la clasificación propuesta por Margalef (1983) la densidad del fitoplancton en el bordo (Tabla 3) es propia de aguas eutróficas, las cuales se caracterizan por presentar una gran cantidad de nutrimentos y una producción orgánica elevada. Además de cierto tipo de poblaciones fitoplanctónicas indicadoras del estado trófico del agua, en especial las cianofitas, que en este tipo de sistemas llegan a presentar una gran densidad y diversidad (Boyd, 1972), caso no observado en el bordo; por lo anterior se puede clasificar al sistema como de aguas moderadamente eutróficas.

Los cuerpos de agua reciben los nutrientes a través de la meteorización de las rocas y los suelos de la cuenca hidrográfica, con la lluvia y como resultado de la actividad humana (Begon, *et. al.*, 1988), lo que provoca un flujo de energía que incrementa la productividad del sistema (Odum, 1981). Estos aspectos sumados a la incidencia de luz y temperaturas óptimas, favorecieron en gran medida la producción del fitoplancton en el bordo, situación que es indispensable en un cuerpo de agua utilizado para producción piscícola (Piedrahita y Smith, 1988).

ZOOPLANCTON

El zooplancton es un elemento importante en la transmisión de la energía solar captada por el fitoplancton hacia otros niveles tróficos, por lo que su composición no es constante en el tiempo sino que varía en respuesta a los cambios en la diversidad y abundancia del fitoplancton (Armengol, 1982).

Los componentes animales del plancton de las aguas dulces están dominados por tres grupos principales: rotíferos, cladóceros y copepodos (Wetzel, 1981). El zooplancton en el bordo Chavarría se encontró constituido por estos tres grupos. En la figura 18 se observa la densidad total del zooplancton, registrando un máximo de 1,785 org./l en el mes de junio (Tabla 3), densidad que se reduce en los siguientes meses.

La disminución de la densidad total a partir del primer mes (Fig. 18), se debe a que en ese mes se realizó la introducción de la carpa barrigona al sistema, lo que aumentó el consumo de zooplancton al ser una especie que lo incluye en su dieta (Arredondo, 1986).

En la figura 19 se muestra la densidad del zooplancton por grupo, en donde se observa que en el primer mes, la densidad está dada principalmente por los cladóceros y en segundo lugar por los copepodos. Después del segundo mes se presentó una reducción muy importante en la densidad de los cladóceros y en menor grado de los copepodos, por lo que se deduce que éstos crustáceos eran consumidos por la carpa barrigona.

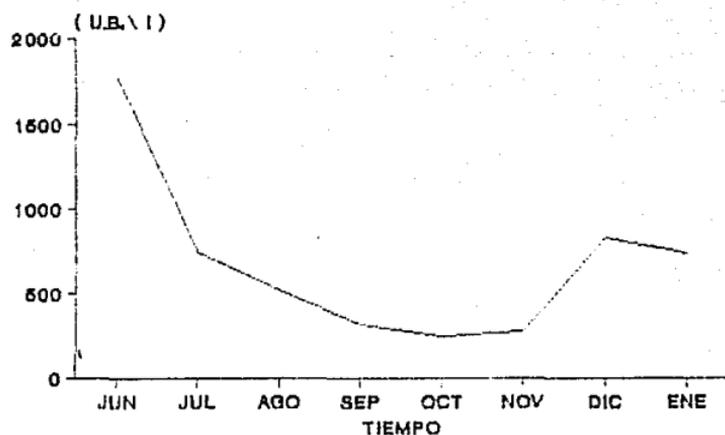


FIGURA 18. DENSIDAD TOTAL DE ZOOPLANCTON EN EL BORDO CHAVARRIA.

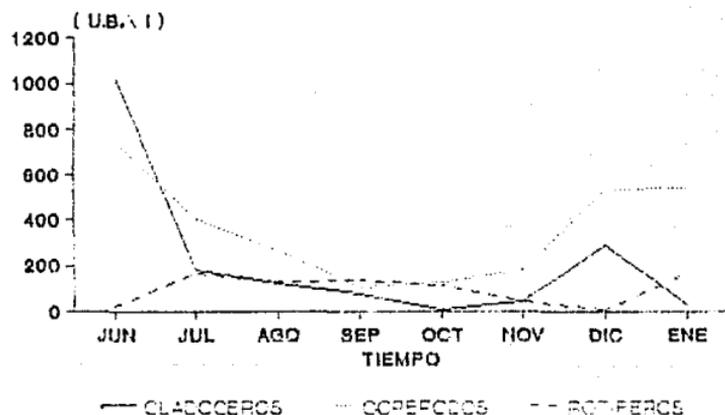


FIGURA 19. DENSIDAD TOTAL DE ZOOPLANCTON EN EL BORDO CHAVARRIA POR GRUPO.

La densidad relativa sirve para conocer los cambios en densidad de las poblaciones (Odum, 1981). En la figura 20 se encuentran las densidades relativas de los tres grupos de zooplancton, en ella se observa una mayor proporción de los copepodos sobre los otros grupos, y lo más importante, se aprecia una sucesión de los tres grupos a lo largo del estudio. Primeramente entre cladóceros y copepodos, en donde al disminuir la densidad de los cladóceros aumenta la de copepodos (jun-jul), después hay una estabilidad en la densidad de los cladóceros (jul-sep) con una disminución de los copepodos (jul-sep), más adelante la densidad de los cladóceros declina considerablemente (sep-oct) situación en la que los copepodos aumentan su densidad (sep-nov), al recuperarse la población de cladóceros (oct-nov) los copepodos presentan una ligera disminución (nov-dic), finalmente los cladóceros presentan una segunda reducción (dic-ene) en donde los copepodos se ven favorecidos aumentando su densidad (dic-ene) (Tabla 3).

La segunda relación más marcada se da entre los rotíferos y cladóceros; al bajar la densidad de los cladóceros (jun-jul), los rotíferos aumentan (jun-jul), después hay una estabilidad en las densidades de ambas poblaciones (jul-ago) a partir de las cuales los rotíferos experimentan una ligera ventaja (ago-sep) sobre los cladóceros en el mismo tiempo (ago-sep), al declinar la población de cladóceros (sep-oct) los rotíferos siguen aumentando (sep-oct), situación que se invierte al recuperarse la población de cladóceros (oct-dic) disminuyendo la de rotíferos (oct-dic), finalmente al volver a declinar la densidad de los cladóceros (dic-ene) hay un aumento en la población de rotíferos (dic-ene) (Tabla 3).

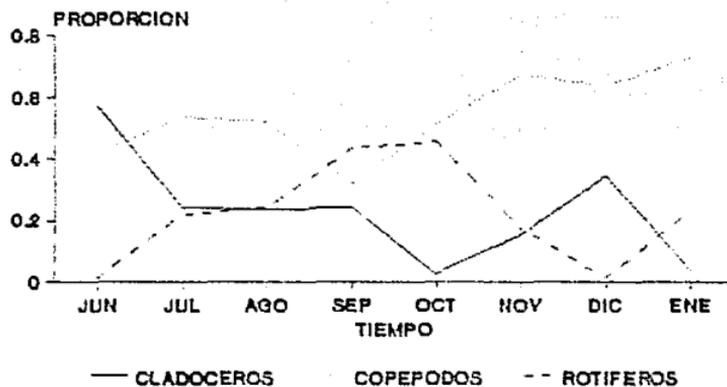


FIGURA 20. DENSIDAD RELATIVA DEL ZOOPLANCTON EN EL BORDO CHAVARRIA POR GRUPO.

Si el número de grupos zoológicos bien representados en el plancton de agua dulce es pequeño, tienen la ventaja que cada uno presenta algún tipo de adaptación. Los hábitos reproductivos, entre otros factores, facilitan el éxito de un grupo de organismos zooplanctónicos en un sistema acuático. Los organismos al llegar rápidamente a la madurez o reducir la duración de las fases larvales aprovechan de manera más óptima el medio rico en nutrimentos.

El número de generaciones por unidad de tiempo es menor en los copepodos por su modo de reproducción sexual, en la cual sólo una parte de la población adulta da lugar a la progenie, mientras que en las poblaciones partenogenéticas todos los individuos adultos desempeñan esa función (Margalef, 1983; González, 1988).

Los rotíferos y cladóceros, salvo pocas excepciones, se multiplican rápidamente por vía asexual en condiciones favorables, son relativamente menos móviles que los copepodos y comen indiscriminadamente. La vida de los rotíferos y cladóceros es corta (pocos días o pocas semanas) y en todo el tiempo se alimentan de manera parecida (Margalef, 1983).

Es posible, que debido a que los rotíferos y cladóceros tienen un tipo de reproducción y de alimentación muy semejantes, compitan entre sí, situación que le favorece a los copepodos para aumentar y presentar mayor abundancia en el sistema (Fig. 20, Tabla 3).

Para el desarrollo del zooplancton en cualquier sistema se requiere de cierta cantidad y calidad de alimento disponible, de acuerdo a la cual resultarán favorecidas aquellas poblaciones cuyo crecimiento y reproducción son más rápidos, dada la disponibilidad del recurso.

Si en el conjunto de especies concurrentes, varias de ellas tienen iguales requerimientos ambientales las menos aptas serán reemplazadas por las mejores competidoras (González, 1988).

Aunque en el presente estudio no se contempló un estudio detallado de las relaciones del zooplancton con otros factores; en general, la producción de estos organismos es controlada principalmente por la temperatura, la alimentación y la depredación. La temperatura influye de manera directa en los procesos fisiológicos que condicionan la alimentación, el crecimiento y la reproducción. En cuanto a la alimentación, se sabe que habitualmente la producción de herbívoros se correlaciona directamente con la de fitoplancton, siempre que se consideren sólo aquellas especies de algas que, por su tamaño y calidad, formen parte de la dieta natural de esos animales.

Por último, las especies depredadoras ejercen control sobre las poblaciones, especialmente el efecto regulador que en el sistema ejercen los peces (González, 1988), como en el presente estudio en que ambas especies son de hábitos omnívoros.

Para comprender la productividad de los sistemas acuáticos no basta con establecer el tamaño poblacional en el curso del tiempo, es necesario cuantificar los cambios que experimenta la población y conocer la causa de esos cambios (Wetzel, 1981).

En las aguas eutróficas los cladóceros pueden alcanzar 1,000 org./l, pero por lo general se encuentran en el orden de 100 org./l (Tabla 3), mientras los copépodos llegan como máximo, a algunos centenares por litro, la densidad registrada para estos organismos fue de 103 a 743 org./l (Tabla 3). En el caso de los rotíferos las concentraciones máximas para aguas eutróficas, se sitúan en el orden de 10,000 org./l, aunque excepcionalmente se registran densidades de 100,000 org./l en cuerpos de agua ricos en nutrientes y materia orgánica (González, 1988).

Para el bordo Chavarría se encontraron densidades de 10 a 170 org./l (Tabla 3). En general se puede decir que el sistema es pobre en zooplancton, lo que puede ser causado por el consumo por parte de los peces y la disminución de la zona fótica que limita la producción de fitoplancton, principal alimento del zooplancton.

PECES

El crecimiento individual en peces es el resultado de una serie de procesos metabólicos que se manifiestan finalmente en el incremento de tamaño en el organismo, obviamente el crecimiento no es indefinido y está determinado por el gasto energético del individuo a lo largo de su vida. Es evidente que en la etapa juvenil del pez la energía consumida será usada para el mantenimiento de su organismo, su actividad y para el crecimiento, conforme los individuos crecen diversos procesos metabólicos cambian y el desarrollo gonádico es el evento que en esta etapa y tiempo consume mayor cantidad de energía. De esta forma el crecimiento no se manifiesta como incrementos constantes en una magnitud determinada, sino que varían con el tiempo (Everhart y Youngs, 1981).

En este estudio la tilapia presentó el inconveniente de una reproducción precoz, la cual se inicia antes de los cuatro meses de vida, afectando su crecimiento. Si bien se realizaron cosechas parciales de las hembras y crías, no se logró controlar el aumento en la densidad de los organismos. En el caso de la carpa barrigona no hubo tal inconveniente, ya que en los machos se presenta la madurez sexual a los 18 meses de edad y en las hembras a los 24.

RELACION PESO - LONGITUD

En los estudios de crecimiento en peces, la función que relaciona el peso con la talla de los individuos de una especie tiene una importancia fundamental, ya que entre otras cosas, permite determinar los estados de condición fisiológica de la población, ya sea en diferentes estaciones del año o en las diferentes etapas del ciclo de vida.

Para verificar el tipo de crecimiento de la carpa barrigona y la tilapia, se aplicó una prueba de hipótesis a los valores de la pendiente (b) de la recta de regresión obtenidas del modelo de la relación peso - longitud, para saber si eran significativamente igual o diferentes a 3 (Bhattacharya y Johnson, citado en Salgado-Ugarte, 1985). El resultado para la carpa barrigona fue que el valor de b es igual a 3 (Tabla 4, Fig. 21), mientras que para la tilapia el valor de b es diferente a 3 (Tabla 5, Fig. 22); esto indica en el caso de la carpa barrigona un crecimiento de tipo isométrico cuya ganancia en peso representa el cubo de la longitud, es decir un crecimiento geométrico, en donde el incremento entre la longitud y el peso fue proporcional, al menos hasta el tiempo que duró el estudio. Para la tilapia el crecimiento fue de tipo alométrico negativo, el cual estuvo dirigido más hacia la longitud que al peso (Weatherley, 1972; Csirke, 1980; Pauly, 1984). Las ecuaciones de la relación peso - longitud obtenidas son:

$$W = 3.01 \times 10^{-4} L^{3.02498} \quad (\text{carpa barrigona})$$

$$W = 4.33 \times 10^{-3} L^{2.51360} \quad (\text{tilapia})$$

El valor de la pendiente b determinado en este estudio para la tilapia, es muy cercano a los valores reportados por Albor et. al., (1984), Guerra y Peña (1985), Torres (1989) y Figueroa (1991) en bordos de temporal (Tabla 6), en donde se aprecia que la tilapia ha tenido un crecimiento dirigido más hacia la longitud que al peso. Aunque se han realizado monocultivos de *Oreochromis molepis hornorum* como el de Albor (1984) y el de Guerra y Peña (1985), y policultivos como el de Torres (1989) y Figueroa (1991), la especie no ha presentado crecimientos isométricos, debido posiblemente a una competencia intraespecífica por espacio y alimento, inducida principalmente por una alta precocidad reproductiva que reduce finalmente los rendimientos.

| $W = a L^b$ | HIPOTESIS |
|--|--|
| PARAMETRO $a = 3.01 \times 10^{-4}$ $b = 3.02438$ $r^2 = 99.3 \%$ | $H_0, b = 3$ $H_a, b \neq 3$ N.C. = 95 % $t_c = 0.2167$ $t_{tablas} = 1.96$ SE ACEPTA H_0 |

TABLA 4. PRUEBA DE HIPOTESIS DE LA PENDIENTE DE REGRESION PARA CARPA BARRIGONA.

| $W = a L^b$ | HIPOTESIS |
|---|--|
| PARAMETRO $a = 4.33 \times 10^{-3}$ $b = 2.51369$ $r^2 = 86.25 \%$ | $H_0, b = 3$ $H_a, b \neq 3$ N.C. = 95 % $t_c = -15.2$ $t_{tablas} = 1.96$ SE RECHAZA H_0 |

TABLA 5. PRUEBA DE HIPOTESIS DE LA PENDIENTE DE REGRESION PARA TILAPIA.

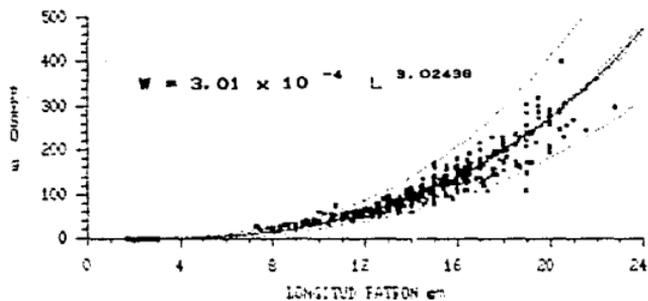


FIGURA 21. ECUACION DE LA RELACION PESO LONGITUD PARA LA CARPA BARRIGONA.

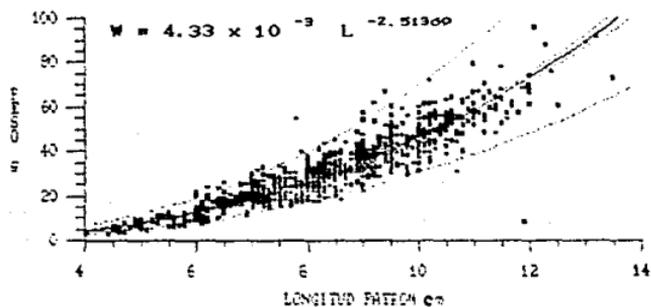


FIGURA 22. ECUACION DE LA RELACION PESO LONGITUD PARA TILAPIA.

El valor de la pendiente b para la carpa barrigona encontrado en este estudio, con la técnica del bicultivo, indica un mejor crecimiento en relación peso-longitud al compararlo con los reportados para policultivos (Tabla 6), donde se presenta competencia interespecífica por espacio y alimento, lo que provoca crecimientos bajos en longitud y peso.

El valor de la pendiente no siempre es constante, varía en el tiempo debido a cambios en la condición en que se encuentren los peces; tales cambios pueden ser estacionales o fortuitos, como son: el sexo, alimentación, reproducción, competencia, enfermedades, captura y otros. Se puede apreciar entonces que el exponente refleja procesos dinámicos en una población.

MODELO DE VON BERTALANFFY

Los parámetros del modelo de Von Bertalanffy deben ajustarse a los valores observados, para lo cual se requiere que la curva expresada por la función de crecimiento pase tan próxima como sea posible a la mayoría de los puntos. De esta forma para la utilización del modelo de Von Bertalanffy se requiere de la estimación previa de sus parámetros L_{∞} , K y t_0 . En el presente estudio la estimación de los parámetros se realizó de manera diferente para las dos especies.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos de longitud patrón en ambas especies para determinar las posibles clases modales, necesarias para el cálculo de L_{∞} . Este análisis ayudó a conocer la estructura y comportamiento de los datos a través del tiempo (Curts, 1984; Curts, 1986; Curts, 1987; Salgado-Ugarte, 1990).

| MEDIAS DE COMPONENTES GAUSIANOS ESTIMADOS POR EL METODO DE BHATTACHARIA (mm) | CLASES MODALES ESTIMADAS POR EL METODO DE PETERSEN (mm) | |
|---|---|---------|
| 40 | 40 - 80 | |
| 79 | 80 - 100 | |
| 99 | 100 - 120 | |
| 117 | 120 - 130 | |
| 129 | | |
| PARAMETROS DE LA ECUACION DE VON BERTALANFFY | | |
| Lo0 | 148.3 | 148.00 |
| K | 0.4244 | 0.44709 |
| te | 0.28051 | 0.3201 |

TABLA 6. COMPARACION DE LAS MEDIAS Y MODAS ESTIMADAS POR LOS METODOS DE BHATTACHARIA Y PETERSEN, Y PARAMETROS DE LA ECUACION DE VON BERTALANFFY PARA TILAPIA.

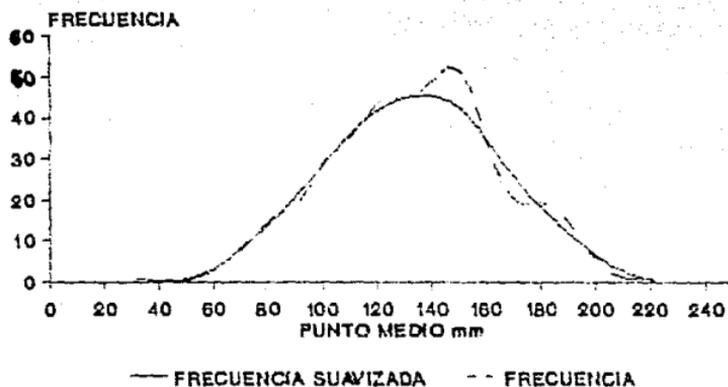
Los resultados de este análisis mostraron para la carpa barrigona la existencia de una sola clase de talla, ya que en la estructura de los datos sólo se define un máximo modal, que se comprobó mediante el suavizador 4253ENDBLE (Fig. 23, Salgado-Ugarte, 1990). Este hecho se debe a que la carpa fue sembrada en su totalidad, perteneciendo como tal a una sola generación, la estimación de L_{∞} se realizó por la variante del método de Ford-Walford propuesto por Gulland 1964 (Gulland, 1969; Ehrhardt, 1981), obteniéndose un valor de $L_{\infty} = 23.5$ cm (Fig. 24), valor cercano al máximo observado de longitud patrón (228 mm), por lo que el método empleado resultó adecuado.

Los parámetros K y t_0 (Fig. 25, Tabla 6) se estimaron por el método de Beverton y Holt (Ehrhardt, 1981). Las ecuaciones obtenidas a partir del modelo de Von Bertalanffy para longitud y peso de la carpa barrigona (Figs. 26 y 27) fueron las siguientes:

$$L_t = 23.5 (1 - e^{-0.201 (t - (-0.203)) })$$

$$W_t = 449 (1 - e^{-0.201 (t - (-0.203)) })^{3.02438}$$

En el caso de la tilapia, el análisis gráfico reveló la existencia de varias clases modales, por lo que se decidió utilizar los métodos de Petersen (Ricker, 1975; Gallardo-Cabello, 1986) y Bhattacharya (1967) para determinar las posibles clases de talla. Se encontraron cinco clases modales por el método de Petersen (Figs. 28) y cinco medias por el método de Bhattacharya (Fig. 29), a partir de las cuales se estimaron los parámetros L_{∞} , k y t_0 (Tabla 6) por el método de Ford - Walford (Fig. 30, Everhart y Youngs, 1981; Pauly, 1984).



**FIGURA 23. CURVA CON UN MAXIMO MODAL
RESULTADO DE LA SUAVIZACION DE LOS DATOS
DE LONGITUD PARA CARPA BARRIGONA.**

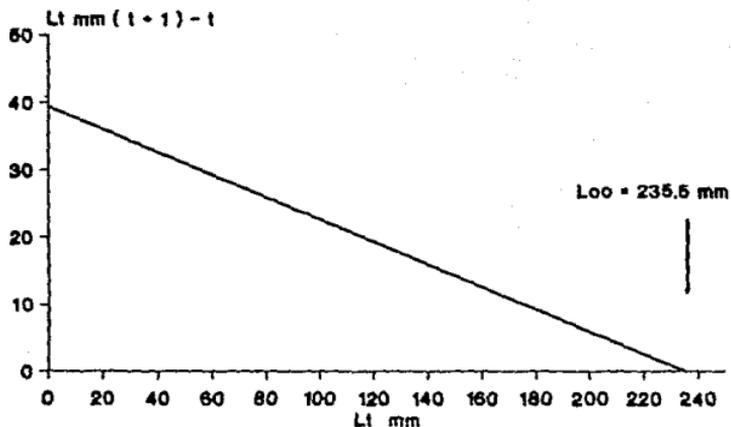


FIGURA 24. ESTIMACION DE L_{oo} POR LA VARIACION DEL METODO DE FORD - WALFORD SEGUN GULLAND (1964) PARA CARPA B.

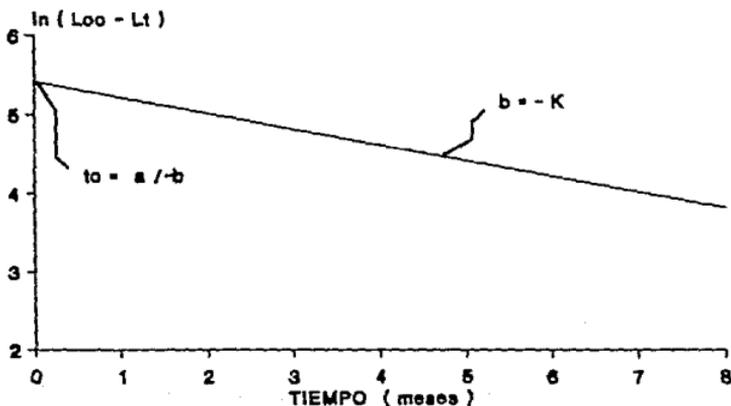


FIGURA 25. ESTIMACION DE t_o Y K DE LA CARPA BARRIGONA A PARTIR DEL METODO DE BEVERTON Y HOLT.

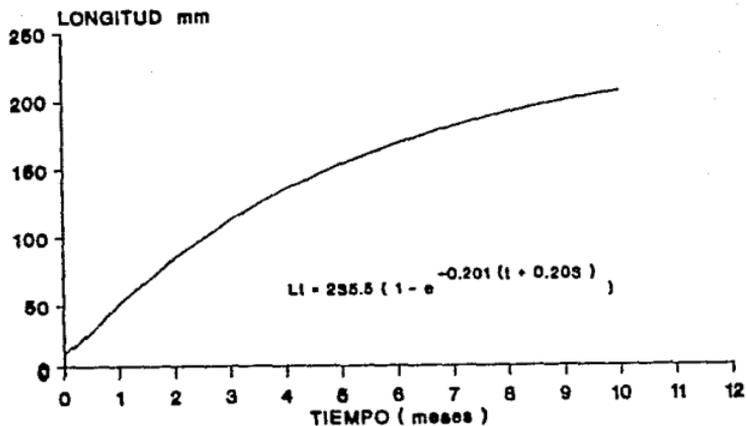


FIGURA 26. CURVA DE VON BERTALANFFY PARA LONGITUD DE CARPA BARRIGONA.

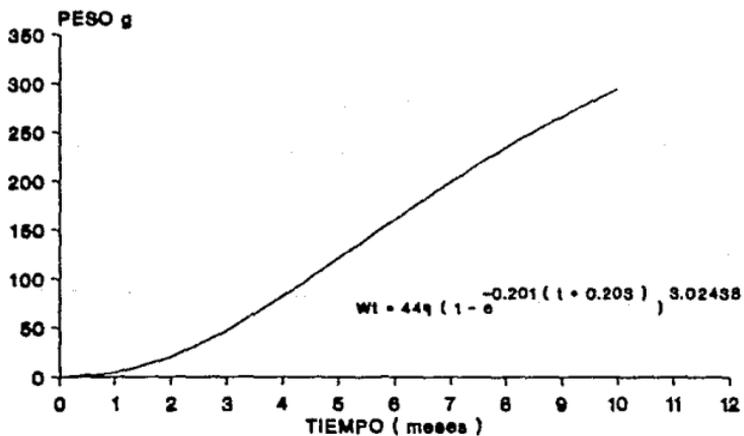


FIGURA 27. CURVA DE VON BERTALANFFY PARA PESO DE CARPA BARRIGONA.

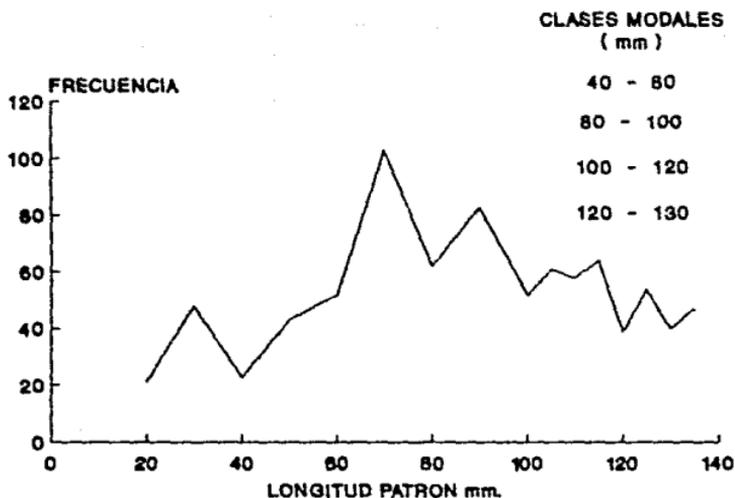


FIGURA 28. CLASES MODALES DETERMINADAS POR EL METODO DE PETERSEN PARA TILAPIA.

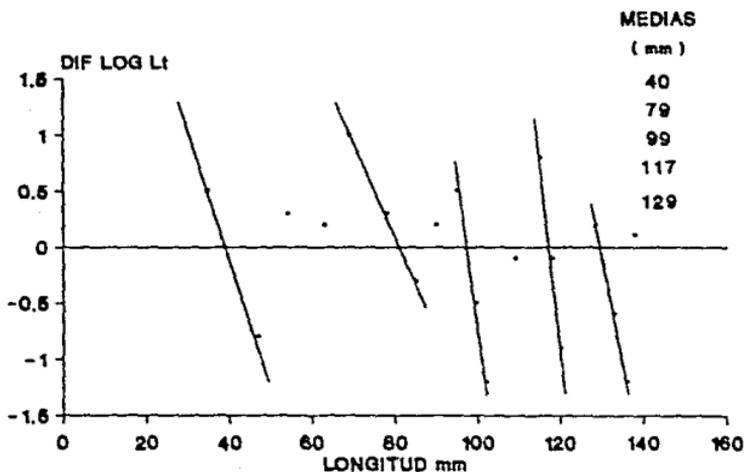


FIGURA 29. MEDIAS GAUSIANAS ESTIMADAS POR EL METODO DE BHATTACHARIA PARA TILAPIA.

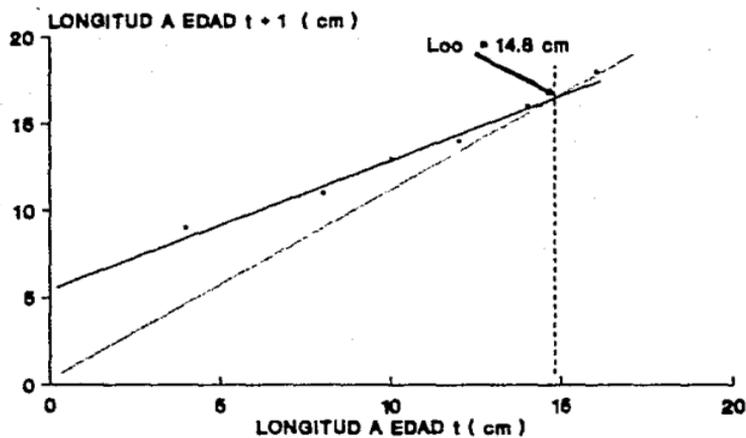


FIGURA 30. ESTIMACION DE L_{∞} APARTIR DEL METODO DE FORD - WALFORD PARA TILAPIA.

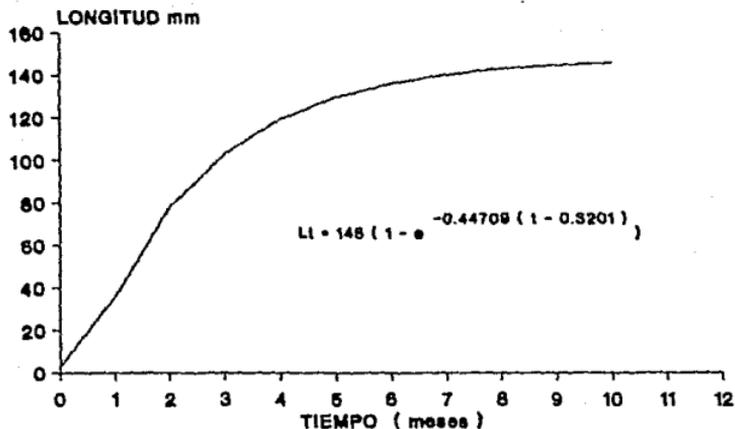


FIGURA 31. CURVA DE VON BERTALANFFY PARA LONGITUD DE TILAPIA.

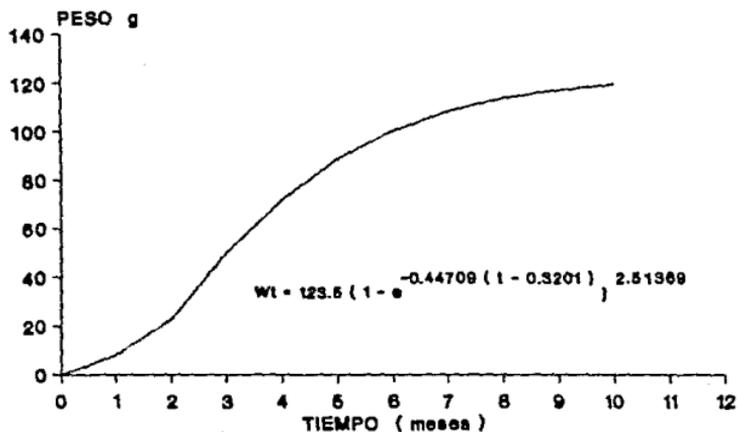


FIGURA 32. CURVA DE VON BERTALANFFY PARA PESO DE TILAPIA.

El valor estimado de L_{∞} es muy cercano a 135 mm, que fue el valor de longitud patrón máxima observada durante el tiempo de estudio. Así las ecuaciones de Von Bertalanffy para la longitud y peso de la tilapia (Figs. 31 y 32) quedaron de la siguiente forma:

$$L_t = 148 (1 - e^{-0.44709 (t - 0.9201) })$$

$$W_t = 123.5 (1 - e^{-0.44709 (t - 0.9201) })^{2.51869}$$

Como se observa en las figuras 26, 27, 31 y 32 la carpa barrigona alcanzó una mayor longitud y peso que la tilapia durante el periodo de estudio, sin embargo la tilapia creció más rápido, ya que en el quinto mes llegó al 90 % de su crecimiento en longitud, mientras que la carpa alcanzó el 65 % en el mismo periodo.

En base a las ecuaciones obtenidas del modelo de Von Bertalanffy por Albor (1984), Guerra y Peña (1985), Figueroa (1991) y el presente estudio, se aprecia que la tilapia no alcanza grandes tallas (tanto en longitud como en peso, Tabla 7) en los sistemas temporales, y que en un periodo de 20 a 35 semanas llega a su crecimiento máximo, por lo que no se recomienda el empleo de la tilapia en éstos sistemas, con fines comerciales.

Por otro lado el cultivo de la carpa barrigona en los bordos de temporal ha resultado adecuado, como lo demuestran Torres (1989) y Figueroa (1991), el primero obtuvo crecimientos de 32.47 cm y 458 g en 35 semanas y el segundo de 27.15 cm y 726.39 g en 20 semanas, ambos en policultivos a bajas densidades de siembra. los valores mencionados son superiores a los obtenidos en 30 semanas en el presente estudio (Tabla 7); de acuerdo a estos resultados se recomienda el cultivo de carpa barrigona en la técnica del policultivo utilizando bajas densidades de siembra.

| AUTORES | ZONA DE ESTUDIO | ESPECIES | RELACION PESO-LONGITUD | CRECIMIENTO | | TIEMPO semanas | TIPO DE CULTIVO |
|--------------------------|-----------------|--|----------------------------|-------------------|------------------|----------------|---|
| | | | | L_{∞} (cm) | W_{∞} (g) | | |
| ALBOR et. al. (1985) | CHAMARRIA | <i>Tilapia</i> sp. | $M = 0.004893 L^{2.62}$ | 22.65 | 382.37 | 34 | MONOCULTIVO MACHOS Y HEMBRAS |
| QUEJEDA Y PENA (1985) | NICHAPI | <i>Oreochromis ureolepis horoerum</i> | $M = 0.00163 L^{2.698}$ | 14.31 | 91.00 | 22 | MONOCULTIVO MACHOS Y HEMBRAS |
| TORRES (1987) | CHAMARRIA | <i>Oreochromis ureolepis horoerum</i> y | $M = 0.0093 L^{2.678}$ | 24.42 | 256.61 | 35 | POLICULTIVO CON CUATRO ESPECIES CON MACHOS DE <i>Oreochromis</i> s. s. |
| | | <i>Cyprinus carpio rubrofasciatus</i> | $M = 0.0388 L^{2.694}$ | 32.47 | 458 | 35 | |
| FIGUEROA (1991) | EL ARCO | <i>Oreochromis ureolepis horoerum</i> y | $M = 0.03464 L^{3.76}$ | 12.86 | 74.2 | 17 | POLICULTIVO CON CUATRO ESPECIES |
| | | <i>Cyprinus carpio rubrofasciatus</i> | $M = 0.1628 L^{2.54}$ | 27.15 | 726 | 28 | |
| JARAMILLO Y SANCHEZ | CHAMARRIA | <i>Oreochromis ureolepis horoerum</i> y | $M = 0.00433 L^{2.51369}$ | 14.8 | 123 | 30 | BICULTIVO |
| | | <i>Cyprinus carpio rubrofasciatus</i> | $M = 0.000381 L^{3.82438}$ | 23.5 | 449 | 38 | |

TABLA 7. COMPARACION DE LA PENDIENTE (b) DE LA RELACION PESO- LONGITUD, LONGITUD MAXIMA (L_{∞}) Y PESO MAXIMO (W_{∞}) PARA CICLIDOS Y CIPRINIDOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO EN EL ESTADO DE MORELOS.

El crecimiento es el resultado neto de dos procesos con tendencias opuestas: uno relativo a la construcción de las sustancias del cuerpo (anabolismo) y el otro a la destrucción de las mismas (catabolismo). En las relaciones que determinan el ritmo de crecimiento de una o varias especies de peces en condiciones de cultivo (las cuales suelen ser muy complejas) se consideran dos aspectos; en primer lugar sus características genéticas y su estado fisiológico, y en segundo los factores extrínsecos relacionados con su medio ambiente, entre los que destacan la composición química del agua, nivel de metabolitos tóxicos, oxígeno disuelto, temperatura y disponibilidad de alimento natural.

En el bordo Chavarria los factores extrínsecos no son del todo favorables, ya que el crecimiento de los peces se vió afectado por las bajas concentraciones de oxígeno en el fondo (cercanos a la anóxia), por las estratificaciones térmicas (en donde el calor que llega al sistema no está homogéneamente distribuido), las cuales se relacionan directamente con las concentraciones de oxígeno, y por la gran cantidad de materia en suspensión que provoca una baja transparencia del agua limitando la producción de fitoplancton.

TASA RELATIVA DE CRECIMIENTO, PORCENTAJE EN PESO GANADO Y KM.

Existen varias formas de obtener información acerca del crecimiento y condición de los peces en un cuerpo acuático, La tasa de crecimiento, el porcentaje en peso ganado y el factor de condición múltiple (KM) proporcionan información adicional de los resultados obtenidos del modelo de Von Bertalanffy y la relación peso - longitud anteriormente citados.

Los peces rara vez crecen en la misma proporción durante toda su vida, ya que en las distintas etapas de su ciclo vital presentan diferentes hábitos de alimentación y comportamiento, con cambios en su metabolismo que provocan variaciones en la tasa de crecimiento, el porcentaje en peso ganado y el factor de condición múltiple.

En las tasas de crecimiento de la carpa barrigona (Fig. 33) y tilapia (Fig. 34) se observó un máximo de crecimiento en el primer mes de vida, el cual disminuye progresivamente a partir del segundo mes; en los peces la tasa de crecimiento es alta en edades juveniles, y a medida que pasa el tiempo decrece (Ehrhardt, 1981; Everhard y Youngs, 1981).

En la tasa de crecimiento (Fig. 33) y el porcentaje en peso ganado (Fig. 35) de la carpa barrigona se observó un aumento en septiembre debido, posiblemente, a que en ese mes la carpa se alimentó del fitoplancton, el cual presentó su máxima densidad en ese mes (Fig. 14).

En el caso de la tilapia (Fig. 34) se aprecia que después del quinto mes las curvas de la tasa de crecimiento y del porcentaje en peso ganado (Fig. 35) se acercan al crecimiento asintótico, es decir el crecimiento máximo que la especie alcanza en el sistema, coincidiendo con lo estimado a partir del modelo de Von Bertalanffy citado anteriormente.

La tasa de crecimiento, el porcentaje en peso ganado y la ecuación de Von Bertalanffy indican que la carpa barrigona puede llegar a tallas más grandes, ya que en ninguna de las curvas (Figs. 26, 27, 33) se observó un crecimiento asintótico. En tanto que para la tilapia, las curvas de estos parámetros (Figs. 31, 32, 34) muestran que en el quinto mes la especie alcanzó su máximo crecimiento en el sistema, por lo cual se recomienda su cosecha total.

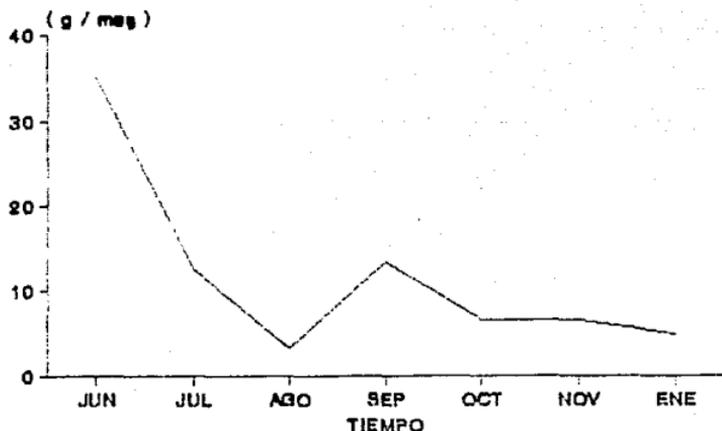


FIGURA 33. TASA DE CRECIMIENTO EN PESO PARA LA CARPA.

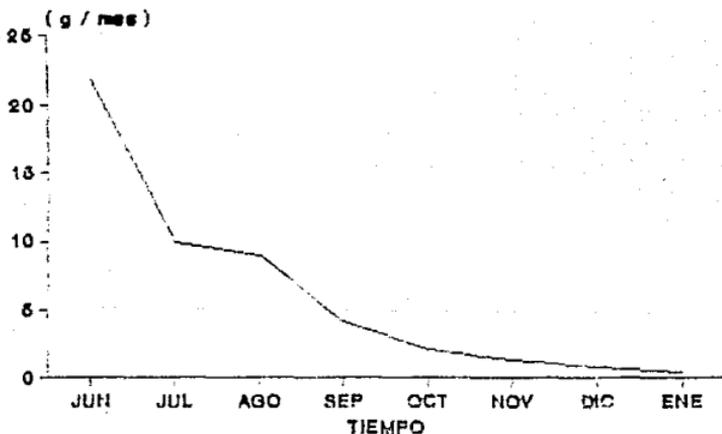


FIGURA 34. TASA DE CRECIMIENTO EN PESO PARA LA TILAPIA.

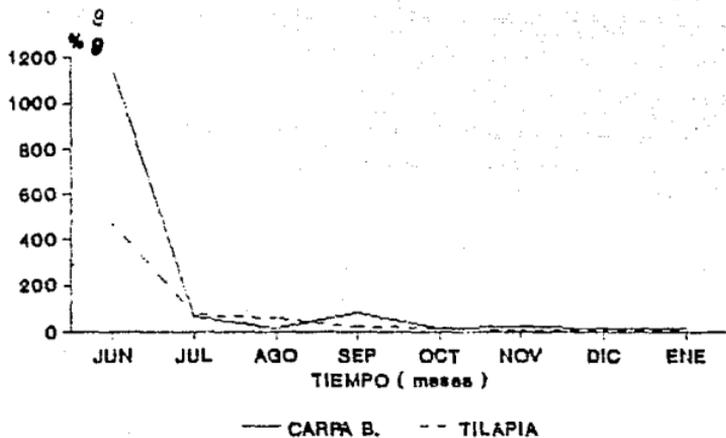


FIGURA 35. PORCENTAJE EN PESO GANADO PARA CARPA BARRIGONA Y TILAPIA.

Las ecuaciones para el cálculo del Factor de Condición Múltiple (KM) quedaron de la siguiente forma:

$$K_m = \frac{W}{L^{1.6402} A^{1.0594}} \quad (\text{carpa barrigona})$$

$$KM = \frac{W}{L^{1.512} A^{1.0987}} \quad (\text{tilapia})$$

El KM es único para cada especie y varía según la calidad y cantidad de alimento, la zona de cultivo y el estado gonádico del organismo. En las figuras 36 y 37 se observa la regresión del KM contra la longitud patrón para la carpa y tilapia respectivamente, la línea de regresión separa a la población según su robustez, por arriba de ella los peces se encuentran bien alimentados y por debajo de ella su alimentación es deficiente (Kuri, 1979). El valor de KM promedio encontrado para la carpa fue de 21.35 y para la tilapia de 28.14; según Medina-García (1980; 1985, manuscrito) valores de KM superiores a 10 reflejan una buena robustez.

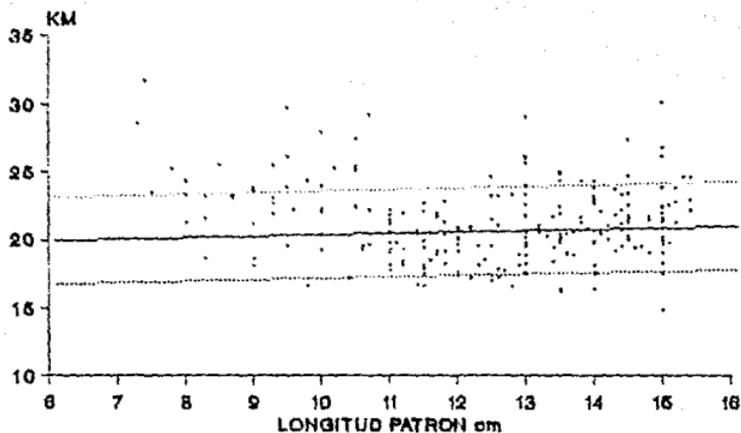


FIGURA 36. REGRESION DE KM vs. LONGITUD PATRON PARA CARPA BARRIGONA.

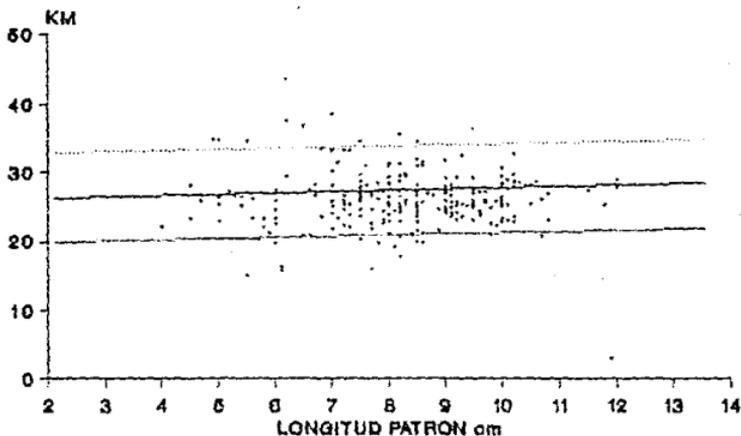


FIGURA 37. REGRESION DE KM vs. LONGITUD PATRON PARA TILAPIA.

ANÁLISIS MULTIVARIADO.

Posterior a las pruebas de normalidad realizadas a los datos de calidad de agua, se determinó por medio del Análisis de Factor que el 87.1 % del porcentaje acumulado de la varianza se explica en los tres primeros factores: el primero posee el 68.0 %, el segundo el 11.1 % y el tercero el 8.0 % (Tabla 7).

De acuerdo a los valores de carga de cada una de las variables el factor I quedó integrado por la Alcalinidad, Dureza total, Dureza por calcio y Conductividad, todas ellas de superficie y fondo, además de la temperatura superficial y la transparencia. En el factor II se ubicaron el pH y la temperatura de fondo y oxígeno superficial. En el factor III quedaron el oxígeno de fondo y el pH superficial (Tabla 8).

Los resultados obtenidos confirman lo reportado por Hernández (1987), quien trabajó en el mismo bordo y llegó a la conclusión de que el comportamiento limnológico del sistema estaba explicado, en un 40 % de la variabilidad de la varianza, por la Temperatura, Dureza total, Dureza por calcio, Alcalinidad y Conductividad, para los niveles de superficie y fondo, variables que integraron el factor I.

De acuerdo a lo anterior se puede afirmar que la dinámica limnológica del bordo Chavarria esta determinada por la mineralización de la cuenca, para ser más precisos por los cationes y aniones presentes.

Mediante una matriz de correlación se determinó que la mineralización estuvo condicionada por las fluctuaciones del área y volumen, los cuales son responsables directos de la dilución y concentración de las sales y sólidos disueltos (Arredondo, 1983).

| FACTOR | PORCENTAJE DE VARIANZA | PORCENTAJE DE VARIANZA ACUMULADA |
|--------|------------------------|----------------------------------|
| I | 68.8 | 68.8 |
| II | 11.1 | 79.1 |
| III | 8.0 | 87.1 |

TABLA 8. FACTORES QUE EXPLICAN EL MAYOR % DE VARIABILIDAD LIMNOLOGICA EN EL BORDO CHAVARRIA.

| FACTOR I | FACTOR II | FACTOR III |
|--|---|--------------------------|
| ALCALINIDAD SUP. Y FONDO DUREZA TOTAL SUP. Y FONDO DUREZA AL CALCIO SUP. Y FONDO CONDUCTIVIDAD SUP. Y FONDO. TEMPERATURA SUP. TRANSPARENCIA | pH FONDO TEMPERATURA FONDO OXIGENO SUP. | OXIGENO FONDO pH SUP. |

TABLA 9. VARIABLES QUE INTEGRAN LOS FACTORES QUE EXPLICAN EL COMPORTAMIENTO LIMNOLOGICO DEL BORDO CHAVARRIA.

Por medio de una regresión múltiple, que consideró a la densidad total de fitoplancton como variable dependiente de las variables contenidas en el factor I, y posteriormente una matriz de correlación de las variables descritas, se determinó que las variables de mayor influencia sobre el fitoplancton son la Temperatura y la Dureza por calcio, ambos parámetros de superficie ($r^2 = 0.75$, $p < 0.01$).

Siguiendo el mismo procedimiento, pero considerando a la densidad total de zooplancton como variable dependiente, se determinó que son la temperatura superficial y la densidad de fitoplancton quienes tienen una mayor influencia sobre la densidad total de zooplancton ($r^2 = 0.78$, $p < 0.01$).

Los resultados obtenidos nos indican que la temperatura superficial es el parámetro que condiciona, de manera principal, las fluctuaciones del plancton en el bordo Chavarría, así mismo se observa que la dureza por calcio determina la abundancia de fitoplancton y éste a su vez la del zooplancton.

De la regresión múltiple hecha para determinar a los parámetros de mayor importancia sobre el crecimiento de los peces se obtuvo que las variables que tienen mayor peso en él son la Temperatura superficial y la densidad total de fitoplancton ($r^2 = 0.86$, $p < 0.01$), la primera por la importancia que tiene para la velocidad de las reacciones metabólicas de los organismos y la segunda por que el fitoplancton es la base de las cadenas tróficas de los sistemas acuáticos, como se ha mencionado en los apartados correspondientes.

CONCLUSIONES

De acuerdo al desarrollo de la línea de costa el bordo de temporal Chavarría posee una forma aproximada a la circular, y mediante el cálculo del cociente de la relación entre la profundidad media y la profundidad máxima se determinó que la forma de la cubeta es una senoide elíptica, cuya base es una elipse y la superficie una senoide.

El sistema presentó una fase de dilución de junio a julio y otra de concentración de agosto a enero provocados por las épocas de lluvias y estiaje respectivamente.

Durante el período de estudio se presentó una estratificación térmica de junio a agosto y una fase de mezcla de septiembre a enero.

Los parámetros que explican el mayor porcentaje de la variabilidad limnológica del sistema son los englobados en el factor I: alcalinidad y durezas total y por calcio para superficie y fondo, además de la temperatura superficial y la transparencia, dicho factor posee una variación de la varianza del 68 % de acuerdo con el Análisis de Factor.

En lo que respecta al fitoplancton se encontraron tres divisiones: Clorofitas, Cianofitas y Diatomeas, correspondiendo a la primera la mayor abundancia durante el estudio.

De acuerdo a la densidad total de fitoplancton el sistema se clasifica como eutrófico.

Para el zooplancton se presentó una sucesión de los tres grupos cuantificados, siendo dominantes los cladóceros y los copépodos.

Se Determinó para la carpa barrigona un crecimiento isométrico y para la tilapia un crecimiento alométrico negativo.

La tasa de crecimiento y el porcentaje de peso ganado, indican que la tilapia alcanza su máximo crecimiento en el quinto mes, mientras que en la carpa no se observó un crecimiento asintótico, por lo que la especie puede llegar a tallas mayores en el sistema.

Los valores de KM promedio muestran una buena robustez en las dos especies.

La carpa presentó un mejor crecimiento con respecto a la tilapia, las curvas de crecimiento indican que la carpa alcanza mayores talla que las observadas, en tanto que, para la tilapia se recomienda su cosecha total en el quinto mes.

BIBLIOGRAFIA

- Albor, C.L.C., L.G.P. Mesa y S.G.E. Falomino, 1984; Evaluación de Algunos Parámetros Bióticos y Abióticos, Relacionados con el Crecimiento de la *Tilapia sp.* en el Bordo de Temporal "Chavarría" Mpio. de Coatlán del Río, Edo. de Morelos, México, Tesis, UNAM - ENEP Zaragoza, 66 pág.
- Aguilera, H. P. y C. P. Noriega, 1986; La Tilapia y su Cultivo. FONDEPESCA, Secretaría de Pesca, México, D.F., 59 pág.
- Aguirre, S. y F. Arenas, 1987; Contribuciones en Hidrobiología. UNAM: 91 - 113.
- APHA, AWWA y WPCF, 1980; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 15^a ed. American Public Health Association, Washington, 874 pág.
- Armengol, J., 1982; Ecología del Zooplancton de los Embalses. Mundo Científico (Le recherche), 2 (11): 168-178.
- Arredondo, F.J.L., 1983; Especies Animales Acuáticas de Importancia Nutricional Introducidos en México. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos, Xalapa Veracruz, México, 8 (2): 25 pág.
- Arredondo, F.J.L. y J.L. García, 1982; La Conducta Físico - Química y Rendimiento Pesquero de un Estanque Temporal, Utilizado Para la Piscicultura Extensiva en el Estado de Morelos. Rev. Lat. de Acuicultura, (12): 1 - 28.
- Arredondo, F.J.L., 1986; Piscicultura, Breve Descripción de los Criterios y Técnicas para el Manejo de Calidad de agua en Estanques de Piscicultura Intensiva. Secretaría de Pesca, México: 182 pág.
- Arredondo, F.J.L. y J.T.P. Ponce, 1986; Aporte al Conocimiento Limnológico de un Embalse Temporal Tropical, por Medio de la Aplicación de Modelos Multivariados. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM, 13 (2): 47 - 66.
- Bardach, E.J., W.O. McLaren y H.J. Ryther, 1986; Acuicultura, Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce. AGT Editor, México, 741 pág.

- Begon, M., J.L. Harper y C.R. Townsend, 1988; *Ecología, Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Omega, Barcelona, 639-679 pág.
- Bernstein, I.H., C.P. Garbin y G.K. Teng, 1988; *Applied Multivariate Analysis*. Springer-Verlag, New York, 505 pág.
- Bhattacharya, C.G., 1967; A Simple Method of Resolution of a Distribution into Gaussian Components. *Biometrics*, 23: 115 - 135.
- Boyd, C.E., 1972; Sources of CO₂ for Nuisance Blooms of Algae. *Weed Science, Alabama*, 20 (5): 492 - 497.
- Boyd, C.E., 1979; *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University, Auburn Alabama, 359 pág.
- Boyd, C.E., 1982; *Water Quality Management For Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York, 318 pág.
- Boyd, C.E., 1986; Comments on the Development of Techniques for Management of Environmental Quality in Aquaculture. *Aquacultural Engineering*, Publishers Ltd. England, 135 - 146.
- Cabrera, J. J. A. y C.J.L. García, 1986; Estado de la Acuicultura en México al Término de 1982. In Bardach, J. E., Ryther, J. H. y Mc larney W. O. *ACUACULTURA*. AGT Editores. S. A. México, D.F., 721, 741 pág.
- Canazawa, A. G. G. Ojeda y S. Teshima, 1978; Nutritional Requeriments of Tilapia. Utilization of Dietary Protein by *Tilapia zilli*, Mem. Fac. Fish Kagoshima, Univ., 27: 49 - 57.
- CETENAL, 1968; Carta Topográfica Cetenal, Taxco E-14-A-68, Mpio. de Coatlán del Rio, Morelos.
- Chavira, R.J., y A.B., Grajeda, 1980; *Comportamiento Físico, Químico del Suelo y del Agua*, Curso a Nivel Técnico Superior. Centro de Capacitación " Benito Juárez ", El Carrizo, Sinaloa. SARH, 2^a ed. tomo II, México, 375 pág.
- Cole, G.A., 1979; *Text Book of Limnology*. 2^a ed, Mosby S. Louis Missouri, 426 pág.

- Csirke, J., 1980; Introducción a la Dinámica de Poblaciones de Peces. FAO Doc. Téc., Pesca (192), 207 pág.
- Cuadras, C.M., 1981; Métodos de Análisis Multivariante. Ed. EUNIBAR, Barcelona, 639 pág.
- Curts, J.B., 1984; Introducción al Análisis de Residuos en Biología. Biótica, 9 (3): 271 - 278.
- Curts, J.B., 1986; El Diagrama de Tallo y Hoja. Biología, 15 (1 - 4): 7 - 12.
- Curts, J. B., 1987; Introducción al Análisis Exploratorio de Datos Multidimensionales. Ciencias, 30 - 35.
- De la Lanza, E.G., 1990; Algunos Conceptos Sobre Hidrología y Calidad del Agua. In: De la Lanza Espino, G. y J.L. Arredondo Figueroa, (Comps.). La Acuicultura en México: De los Conceptos a la Producción. Publicaciones del Instituto de Biología, Univ. Nal. Autón. de México, 181 - 199.
- Digby, P.G. y R.A. Kempton, 1987; Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman and Hall, Londres, 203 pág.
- Ehrhardt, N.M., 1981; Curso Sobre Métodos en Dinámica de Poblaciones. FAO - INP., México, 133 pág.
- Everhart, W.H. y W.A. Youngs, 1981; Principles of Fishery Science. 2^o ed. Cornell University Press, New York, 349 pág.
- Gallardo-Cabello, M., 1986; Análisis de las Frecuencias de Tallas por Medio de los Métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, Para la Determinación de la Edad de la Brótola *Phycis Blennoides* (Brunnich 1768) en el Mediterráneo Occidental (Pisces: Gadidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (2): 187-196.
- García, E.M., 1977; Condiciones Físico - Químicas y su Relación con el Crecimiento de las Carpas en Dos Embalses Temporales de Guanajuato, México. Primer Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Maracay, Venezuela, 11 pág.

- García, E., 1981; *Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 3^a ed. Offset Larios S. A., México, 252 pág.
- Gnanadesikan, R., 1977; *Methods for Statistical Data Analysis of Multivariate Observations*. John Wiley and Sons, New York, 85 pág.
- Goldman, R.C. y J.A. Horne, 1983; *Limnology*. Mc Graw Hill Book Company, USA, 435 pág.
- González, de I.A., 1988; *El Plancton de las Aguas Continentales*. DEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C., 130 pág.
- Guerra, H.E.A. y M.B. Peña, 1985; *Estudio del Crecimiento de Oreochromis hornorum (Trewavas, 1980) en Relación a las Condiciones Limnológicas del Embalse Permanente de Michiapa, Edo. de Morelos*, Tesis UNAM, ENEP Zaragoza, 70 pág.
- Gulland, J.A., 1966; *Métodos de Análisis de Poblaciones de Peces*. FAO ONU, 193 pág.
- Gulland, J.A., 1969; *Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Part 1. Fish Population Analysis, Manual in Fisheries Science*, (4), Roma FAO.
- Hernández-Avilés J.S., 1987; *Evaluación de la Tasa de Crecimiento y Robustez de la Mojarra: Oreochromis urolepis hornorum (Trewavas, 1980), Carpa Plateada: Hipophthalmichthys molitrix (Valenciennes) y Carpa Cabezona: Aristichthys nobilis (Richardson) en un Sistema de Policultivo Extensivo en el Estanque de Temporal de Chavarria en el Edo. de Morelos*. Tesis UNAM, ENEP Zaragoza, 94 pág.
- Hickman, E.M., 1980; *Phosphorus, Chlorophyll and Eutrophic Lakes*. Archivs F. Hydrobiologie, Canada, 85 (2): 137-145.
- Hutchinson, E.G., 1975; *A Treatise on Limnology. Geography and Physics of Lakes*. John Wiley and Sons, New York, 1 (1): 137 pág.

- Ishak, M.M., 1987; Cage Culture of Fish in Egypt. Cage Culture Research. Manuscript Report. International Development Research Centre. Canada, 125 pág.
- Ishak, M.M. y G.D.I. Hassanen, 1987; Growth of Caged *Oreochromis niloticus* Reared on Diets Containing Various Protein Levels. Cage Culture Research. Manuscript Report. Internatinal Development Research Cent. Canada, 125 pág.
- Juárez, P.R.J., 1982; Piscicultura en la República Popular China. Informe de las Experiencias Adquiridas en la República Popular de China Durante la Visita Oficial Efectuada del 4 de Agosto al 1º de Octubre de 1979. Secretaria de Pesca, México, 105 pág.
- Kendall, M.G., 1972; A Course of Multivariate Analysis. Charles Griffin and Co., Londres, 85 pág.
- Kleinbaum, D.G., L.L. Kupper y K.E. Muller, 1988; Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. 2º ed., PWS-KENT Publish Co., Boston, 718 pág.
- Kuri, N.E., 1979; Determinación del Factor de Condición Múltiple (KM). Manuales Técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca, México, 1 (1), 11 - 21 pág.
- Lewis, W.M., Jr., 1983; A Revised Classification of Lakes Based on Mixing. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 1779-1787.
- Margalef, R., 1983; Limnología. Omega. Barcelona, 1 010 pág.
- Marques, C.M.J., 1988; Probabilidad y Estadística Para las Ciencias Químico - Biológicas. UNAM, México, 657 pág.
- Medina, G.M., 1980; El Factor de Condición Múltiple (KM) y su Importancia en el Manejo de la Carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*) Hembras en Estado de Madurez V (Nikolsky, 1963). Manuales Técnicos de Acuicultura. Depto. de Pesca, México, 1 (1): 34 pág.
- _____, 1985; Evaluación del Crecimiento y Estado Físico de Poblaciones de Peces en Cultivo, (Manuscrito). 23 pág.
- Needham, J.G. y P.R. Needham, 1978; Guía Para el Estudio de los Seres Vivos de las Aguas Dulces. Reverté S.A., Madrid, 131 pág.
- Neumann, J., 1959; Maximum Depth and Average Depth of Lakes. J. Fish, Rev. Bd., Canada, 16 (6): 923 - 927.

- Oduin, E.P., 1981; *Ecología*. 3ª ed., Interamericana, México 639 pág.
- Olmos, T.E., 1990; *Situación Actual y Perspectivas de las Pesquerías Derivadas de la Acuicultura*. Secretaría de Pesca, México, 77 pág.
- Olmos, T.E., y S.M. Tejeda, 1990; *Inventario Nacional de Unidades de Producción Acuícola*. SEPECSA, México, 66 pág.
- Ortega, M.M., 1984; *Catálogo de Algas Continentales Recientes de México*. Coordinación de la Investigación Científica, Instituto de Biología, UNAM., México, 563 pág.
- Palm, R., 1987; *Management of Community Small Water Bodies for Fish Production in Africa*, 139-169 pág.
- Pauly, D., 1984; *Fish Population Dynamics in Tropical Water: A Manual for Use With Programable Calculator*. International Center for Living Aquatic Resources Management, ICLARM, *Estudies and Reviews*, Manila Philippinas, 179 pág.
- Pennak, R.W., 1978; *Fresh Water Invertebrates of the Unites States*. 2ª ed., John Wiley and Sons, New York, 803 pág.
- Piedrahita, R.H. y D.W. Smith, 1988; *The Relation Between Phytoplankton and Dissolved Oxigen in Fish Ponds*. *Aquaculture*, Netherlands, (68): 249-265.
- Ricker, W.E., 1975; *Computation and Interpretation of Biological Statics of Fish Populations*. Departament of Environment, Fisheries and Marine Service, Ottawa, 381 pág.
- Rosas, M.M., 1973 ; *Biología Acuática y Piscicultura en México*. Serie de Materiales Didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar, SEP. México.
- Rosas, M.M., 1976 ; *Explotación Piscícola de Charcos Temporales y Permanentes en el Edo. de Michoacán*. IPN / si, México. 138 pág.
- Salgado - Ugarte, I.H., 1985; *Algunos Aspectos Biológicos del Bagre Arius melanopus Gunther (Osteichthyes : ARIIDAE) en el Sistema Lagunar de Tampamachoco, Ver., Tesis UNAM, ENEP-Zaragoza, 108 pág.*

- Salgado - Ugarte, I.H., 1990; El Análisis Exploratorio de Datos en las Poblaciones de Peces, Fundamentos y Aplicaciones. Material Didáctico. ENEP - Zaragoza, México, 112 pág.
- Schowerbel, J., 1975; Métodos de Hidrobiología. Blume, España, 262 pág.
- Swingle, H.S., 1966; Biological Means of Increasing Productivity in Ponds. Auburn University, Alabama, 21 pág.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf., 1981; Biometry. W. H. Freeman and Co. Publ. San Francisco, CA., 776 pág.
- Torres, R.B., 1989; Evaluación del Crecimiento y Robustez de la Tilapia *Oreochromis urolepis hornorum* (Trewavas, 1980) y la Carpa Barrigona *Cyprinus carpio rubrofuscus* (Richardson) en Condiciones de Policultivo Extensivo, y su Relación con los Parámetros Limnológicos del Embalse de Temporal " Chavarria " en el Edo. de Morelos. Tesis UNAM, ENEP-Zaragoza, 88 pág.
- Ward, H.B. y G. Whipple, et. al., 1976; Fresh Water Biology. 2ª ed. Edmonson. New York, 1248 pág.
- Weatherley, A.H., 1972; Growth and Ecology of Fish Populations. Academic Press, London, 293 pág.
- Welch, P.S., 1952; Limnology. Blakiston Co., Philadelphia, 538 pág.
- Wetzel, R.G. y G.E. Likens., 1979; Limnological Analyses. Saunders Company, Philadelphia, 357 pág.
- Wetzel, R.G., 1981; Limnología. Omega, Barcelona, 679 pág.
- Willemsen, W.E., 1973; Statistical Reasoning. W. H. Freeman and Co. Publ., San Francisco, CA., 223 pág.