

207



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA,  
PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, CRECIMIENTO Y BIOMASA  
COSECHADA, EN UN SISTEMA DE POLICULTIVO  
FERTILIZADO CON UREA MAS FORMULA COMPLEJA**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**LICENCIATURA EN BIOLOGIA**

P r e s e n t a :

**MOISES IVAN CABALLERO  
MELLADO**

México, D. F.

Mayo, 1986



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
AGRADECIMIENTOS	
NOMENCLATURA	
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. ANTECEDENTES	5
III. CONCEPTOS BASICOS DEL POLICULTIVO	7
IV. OBJETIVOS	9
V. AREA DE ESTUDIO	9
VI. MATERIAL Y METODOS	10
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	15
7.1 Calidad del agua	15
7.2 Productividad primaria	39
7.3 Crecimiento y rendimiento pesquero de las especies	44
VIII. CONCLUSIONES	51
IX. RECOMENDACIONES	54
X. LITERATURA CITADA	56

## AGRADECIMIENTOS

M. en C. José Luis Arredondo Figueroa, investigador del Instituto de Biología, UNAM, en el Laboratorio de Limnología y Piscicultura del Departamento de Zoología, en forma especial por su amistad, por la dirección, enseñanzas y apoyo brindados en el desarrollo del presente trabajo.

M. en C. María del Refugio Suarez Zozaya, profesora de Licenciatura,

Dr. Jorge Carranza Fraser, investigador y curador de la Colección Ictiológica del Instituto de Biología, UNAM, y profesor de posgrado,

Biol. Ma. Teresa Gaspar Dillanes, profesora de Licenciatura,

Biol. Alfonso Guillermo Banderas Tarabay, profesor de Licenciatura,

por su apoyo y las sugerencias en la revisión del manuscrito.

A las autoridades de la Secretaría de Pesca y a los piscicultores de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama, Hidalgo, por su ayuda brindada en el trabajo de campo.

Al Mat. Manuel González Baños, por su valiosa cooperación en el análisis estadístico de los datos y por su amistad.

A las autoridades del Instituto de Biología, UNAM, por las facilidades prestadas en el transcurso del presente trabajo.

A todos aquellos que de una u otra forma colaboraron para la realización de este trabajo.

A la Dra. Guadalupe de la Lanza Espino, un agradecimiento muy especial por su valiosa cooperación en los análisis químicos de flamometría, - así como por sus consejos y amistad brindados en todo este tiempo.

## NOMENCLATURA

- Bagre ( Ictalurus spp. )
- Camarón japonés ( Penaeus japonicus )
- Carpa barrigona ( Cyprinus carpio rubrofruscus )
- Carpa brema o Wucham ( Megalobrama amblycephala )
- Carpa cabeza ( Aristichthys nobilis )
- Carpa espejo o "Israelí" ( Cyprinus carpio specularis )
- Carpa herbívora ( Ctenopharyngodon idellus )
- Carpas mayores de la India: Catla ( Catla catla )  
Rohu ( Labeo rohita )  
Mrigal ( Cirrhinus mrigala )
- Carpa plateada ( Hypophthalmichthys molitrix )
- Coto moteado ( Cottus bairdi )
- Sabalote ( Chanos chanos )
- Tilapia ( Oreochromis mossambicus )
- Trucha arco-iris ( Salmo gairdneri )

EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA, PRODUCTIVIDAD PRIMARIA, CRECIMIENTO Y BIOMASA COSECHADA, EN UN SISTEMA DE POLICULTIVO FERTILIZADO CON UREA MAS FORMULA COMPLEJA

RESUMEN.

La consideración más importante en el policultivo es el incremento de la producción por una mejor utilización del alimento natural. Esto se logra cuando las especies introducidas tienen diferentes hábitos alimenticios y distintos niveles tróficos.

El estudio se realizó en la Granja Integral de Policultivo, en Tezontepec de Aldama, Hidalgo, se usaron 3 de sus 9 estanques, los cuales ocupan un área de 5 819 m<sup>2</sup>, y los objetivos son: evaluar la calidad del agua y la productividad primaria con el uso del fertilizante urea más fórmula compleja, así como la respuesta en el crecimiento y biomasa de las especies introducidas.

Se realizaron 16 monitoreos quincenales, para los parámetros fisicoquímicos, con el uso de las técnicas convencionales. Las especies introducidas son: carpa herbívora ( Ctenopharyngodon idellus ) en un 50%, carpa espejo ( Cyprinus carpio specularis ) en 20%, carpa cabezona -- ( Aristichthys nobilis ) en 15%, carpa brema ( Megalobrama amblycephala ) en 13% y carpa plateada ( Hypophthalmichthys molitrix ) en 2% ; se conservó una densidad de 1.5 organismos/m<sup>2</sup>, se introdujeron 8 725 peces, con un peso total de 21.6 Kg; se hicieron 7 muestreos biométricos en el periodo de noviembre-diciembre (1982) a junio-julio (1983) en los cuales se midieron y pesaron los organismos, con un tamaño de muestra de 80 organismos por especie, calculado de acuerdo a la fórmula de Yamane.

Al aplicar la prueba de "t" de "Student" y el Análisis de Varianza en los parámetros fisicoquímicos no se encontró diferencia significativa entre ellos, sin embargo, se observó que la concentración de oxígeno ( excepto en dos quincenas ), siempre estuvo cercana o arriba de los 5 mg/l de saturación debido a una buena productividad primaria.

La biomasa máxima obtenida para cada especie es la siguiente: carpa herbívora 1 175 Kg/Ha, carpa espejo 1 127.3 Kg/Ha, carpa cabezona

1 806.8 Kg/Ha, carpa brema 251.7 Kg/Ha y carpa plateada 111.6 Kg/Ha.

Las especies que respondieron mejor al tratamiento son la carpa cabezona y la carpa espejo, la primera es zooplanctófaga y la otra es omnívora. Esto refleja que la cantidad de fito y zooplancton producido fue alto, ya que permitió un buen crecimiento en estas especies.



## I. INTRODUCCION

La acuicultura es una alternativa para incrementar la producción de alimentos de origen animal, sobre todo, si se considera que la demanda de productos derivados de la pesca puede alcanzar montos de varios - millones de toneladas, que no podrán ser aportados por la producción - pesquera mundial, lo que causa un déficit, el cual sólo podrá ser cu--- bierto por la producción obtenida a través de cultivos ( Hepher y Prugi nin, 1985 ).

Por esta razón, la acuicultura ha desarrollado nuevas técnicas de producción intensiva, con la finalidad de aumentar el rendimiento pes-- quero, como es el caso del policultivo. En China Continental se ha de-- mostrado esta eficiencia al incrementar notablemente su producción, por lo que se ha convertido en una de las principales capturadoras de peces dulceacuícolas, especialmente de carpas, a nivel mundial.

En México, no es desconocida la acuicultura, ya que ésta se ha - practicado desde la época prehispánica con fines rituales o religiosos, sin embargo, de 1930 a 1976, ésta se desarrolló con dos lineamientos, - la pesca deportiva y la piscicultura rural ( Aguilera y Noriega, 1985 ).

Es hasta la creación del Departamento de Pesca en 1976, cuando se le dá un impulso mayor al aprovechamiento de las aguas interiores, así como de los recursos naturales en el medio rural y las zonas costeras. En la actualidad, la Secretaría de Pesca cuenta con 47 Centros Acuícolas productores de crías de diferentes especies como tilapia, carpa, - trucha, bagre y langostino, estos han permitido crear una infraestruc- tura suficiente para impulsar el desarrollo y la culminación de una - piscicultura intensiva y en forma especial el manejo de los policulti-- vos ( Arredondo, 1986, comunicación personal ).

Con base en lo anterior y debido a que en México no existe ningún trabajo sobre policultivo, se programó un estudio que permitiera sentar

las bases para este tipo de actividades, de acuerdo a las condiciones - regionales imperantes en nuestro país. Con este propósito se instauró - el Proyecto de Policultivo Experimental de Ciprínidos Asiáticos, del - cual forma parte el presente trabajo, en las instalaciones de la Secretaría de Pesca, ubicadas en Tezontepec de Aldama, Hgo., así como con el apoyo del Instituto de Biología, U.N.A.M.

## II. ANTECEDENTES

El policultivo de peces es una práctica muy antigua utilizada por los Chinos con buenos resultados; otros países han experimentado con este sistema y obtuvieron incrementos en sus cosechas. Shang (1981), reportó que en distintas ciudades del mundo, el policultivo de ciertas especies en estanquerías, ha tenido un aumento considerable en los rendimientos por unidad de área. En estos casos, se ha visto una reducción en los costos, a su vez se ha obtenido una mayor ganancia que con el uso del monocultivo. Basta observar que con el policultivo de camarón ( Penaeus japonicus ) y sabalote ( Chanos chanos ) se han duplicado las ganancias en Indonesia y Filipinas; en la India se ha incrementado la producción a más de 8 500 Kg/Ha en el policultivo de diferentes especies de carpas. En Israel, el policultivo de carpa común ( Cyprinus carpio ) y tilapia ( Oreochromis mossambicus ), ha aumentado la producción entre un 15 y 35% sobre el monocultivo y en la U.R.S.S. el policultivo de diferentes carpas ha resultado en un incremento de 400-1000 Kg/Ha en la producción, sin tener que proporcionar a los organismos una alimentación adicional.

Yashouv (1971, fide: Hepher y Pruginin, 1985), encontró que la producción de la carpa plateada y de la carpa común, cuando están juntas en un policultivo, es mayor que cuando se cultivan aisladamente, a su vez, Hepher y Pruginin (op. cit.), observaron un efecto semejante al cultivar juntas a la carpa común y a la tilapia.

Dimitrov (1984), encontró el siguiente rendimiento pesquero para la cosecha total; en la carpa común un 76%, para la carpa plateada el 21% y en la carpa herbívora un 3%, la producción fue de 6 292 Kg/Ha, en un sistema de policultivo intensivo con estas tres especies, altas densidades de almacenamiento, una alimentación intensiva con forraje y una fertilización mineral y orgánica.

Por otro lado, Jana y colaboradores (1983), encontraron una ganancia

cia neta del peso corporal en un año de 1 497.25 g para la carpa herbívora, 1 404 g en la carpa plateada, 1 112.5 g en la catla ( Catla catla ), 768.7 g en el rohu ( Labeo rohita ), 754.2 g para la carpa común y 513.9 g en el mrigal ( Cirrhinus mrigala ), con un almacenamiento de 6000 organismos/Ha, en un sistema de policultivo, con el uso de las razones de relación entre la nitrificación y desnitrificación en el crecimiento de los peces.

En México, Franco-Romero (1981), trabajó con las carpas herbívora, barrigona ( Cyprinus carpio rubrofruscus ) y espejo en la Presa de Encinillas, Estado de México, con una densidad de 207 peces/Ha para la herbívora y 184 peces/Ha para las otras dos, obtuvo después de 235 días de cultivo un rendimiento de 38.65 Kg/Ha para la herbívora, 94.89 Kg/Ha en la espejo y 118.68 Kg/Ha en la barrigona.

### III. CONCEPTOS BASICOS DEL POLICULTIVO

El policultivo parte de algunos principios que aparentemente resultan obvios, como el hecho de que un cuerpo de agua es un espacio tridimensional, en el que pueden coexistir diferentes organismos con distintos niveles tróficos. La gran eficiencia en este sistema obedece al manejo de la ecología del microcosmos de los estanques. Para asegurarse de que esto suceda, generalmente se utilizan cuatro tipos de peces, dos que habiten la parte media de la columna del agua, uno de los cuales -- prefiere como alimento el fitoplancton ( i.e. carpa plateada ) y el -- otro el zooplancton ( i.e. carpa cabezona ); otro que habite la capa superficial del agua y se alimente principalmente de macrofitas acuáticas y terrestres ( i.e. carpa herbívora y/o carpa brema ) y la última, una especie omnívora que habite en el fondo del estanque ( i.e. carpa espejo ) ( Bardach et al., 1982 y Shang, 1981 ).

De hecho, el objetivo más importante en el policultivo es el incremento del rendimiento pesquero por una mejor utilización del alimento natural y de los distintos nichos tróficos. Aunque también existe el riesgo de que se presente un desequilibrio en el medio, lo que produciría una competencia entre las especies, entonces, los efectos positivos en el policultivo pueden volverse negativos. Para prevenir esto, las -- proporciones entre las diferentes especies introducidas y las densidades de almacenamiento deben controlarse; existen dos técnicas para determinar estas densidades y proporciones:

- 1) Si se conocen los hábitos alimenticios de los peces y la cantidad disponible de su alimento natural en el estanque, es posible calcular las relaciones entre las especies.
- 2) La otra forma es por ensayo y error, que es la más comúnmente utilizada.

La tasa de crecimiento de los organismos, en general, tiene una -

relación directamente proporcional con la densidad de almacenamiento en el estanque, siempre y cuando se mantenga esta tasa por debajo de la capacidad de carga máxima (CCM) del sistema ( Hephher y Pruginin, 1985 ).

Otro factor que influye en la densidad de almacenamiento es la fertilidad con la que cuenta el estanque. Si ésta es muy baja, se puede incrementar con fertilización orgánica e inorgánica y/o alimentación suplementaria ( Shang, 1981 ).

Otro aspecto que afecta el rendimiento pesquero, es la condición física del estanque y si éste puede ser drenado. El drenado es indispensable para la aereación de su fondo, al facilitar la oxidación y reducir la cantidad de compuestos acumulados, con lo que se aumenta el grado de descomposición aeróbica de la materia orgánica. En un estanque sin drenado, esto no sería posible, debido a que la materia orgánica se acumularía en el fondo una vez consumido completamente el oxígeno, lo que favorece a la descomposición anaeróbica y un resultado de ésta es la producción de compuestos como el ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y el metano ( $CH_4$ ), los cuales son tóxicos para los organismos y afectan la productividad primaria del estanque así como la producción piscícola ( Hephher y Pruginin, 1985 ).

#### IV. OBJETIVOS

En el presente estudio, se pretende dar a conocer una alternativa de producción piscícola por medio del policultivo, a través de:

- 1) La evaluación de la calidad del agua.
- 2) La evaluación de la productividad primaria.
- 3) La respuesta en el crecimiento y biomasa de las especies introducidas en el sistema, fertilizado con urea más fórmula compleja.

Los resultados darán una idea del comportamiento de la productividad primaria y de las especies introducidas bajo estas condiciones, con lo cual se verá que especie o especies obtuvieron una mayor ganancia en talla y peso, así como un mejor rendimiento pesquero.

#### V. AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Granja Integral de Policultivo, en el Municipio de Tezontepec de Aldama, Estado de Hidalgo. Esta granja fue construida en 1981 por la Secretaría de Pesca (Fig.1); se ubica a los  $20^{\circ}03'$  latitud Norte y  $99^{\circ}17'$  longitud Oeste; en la zona se presenta un tipo de suelo de Rendzina con Feozem calcárico de textura mediana ( a los 30 cm de profundidad, E+Hc/2 ) y Petrocalcico ( a los 100 cm de profundidad ), tiene un clima del tipo  $BS_1kw(w)(i')$  que corresponde al semiárido templado con lluvias en verano, las mayores precipitaciones se presentan en los meses de mayo, julio y agosto, las máximas evaporaciones suceden en marzo, abril y mayo (Figs. 2 y 3), la precipitación media anual es de 508.8 mm; la altitud a la cual se encuentra es de 1 960 m.s.n.m. La granja tiene una superficie total de 7 Ha (Fig.4), se dedican a las labores de horticultura 2 Ha, otras 2 Ha están destinadas a la producción piscícola, en donde se encuentran 9 estanques de tipo rús

Figura 1. Localización Geográfica de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama, Hidalgo.

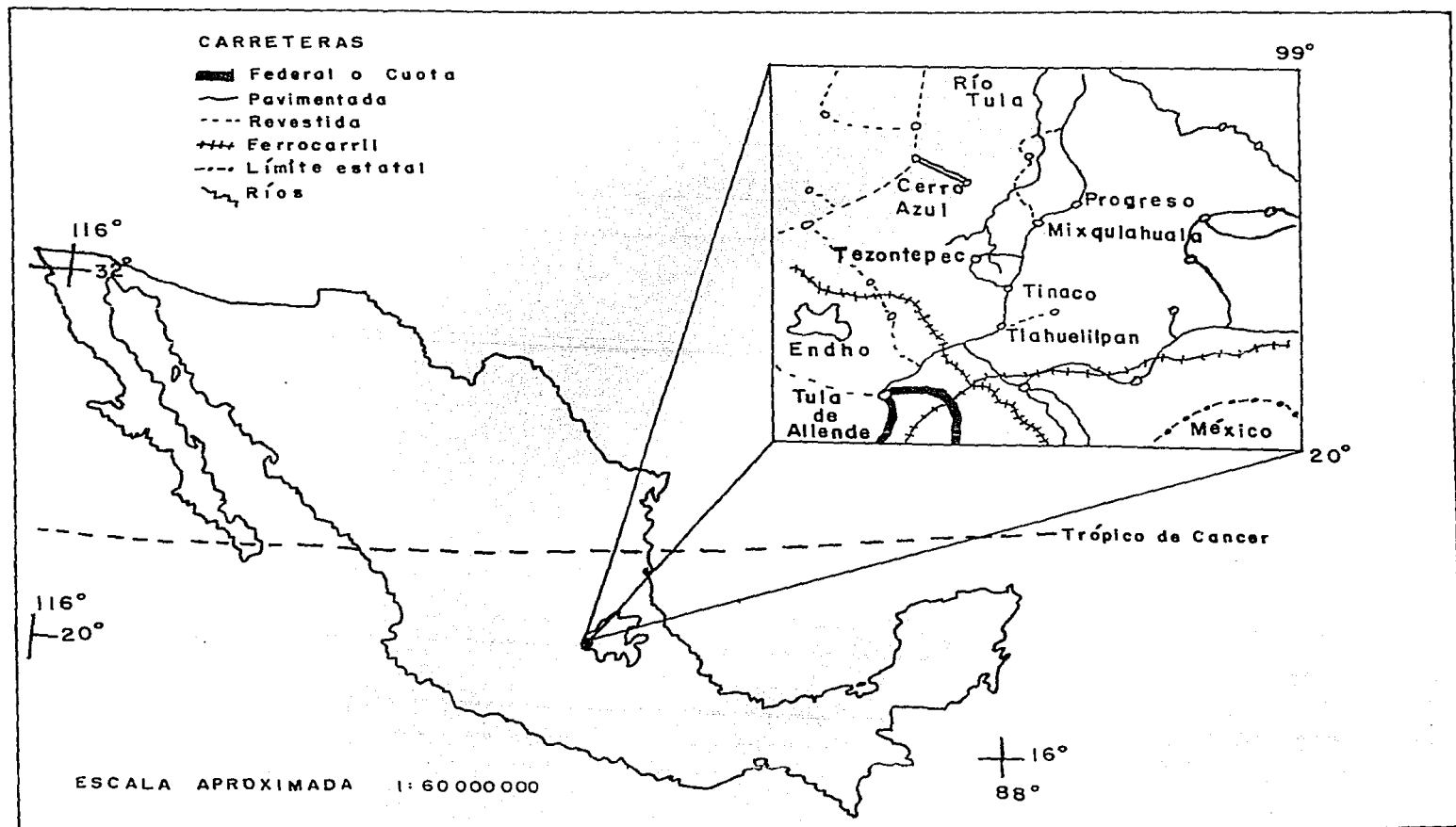




Figura 2. Polígonos climáticos de precipitación y temperatura, obtenidos de la Estación Metereológica de Mixquiahuala, Hgo.

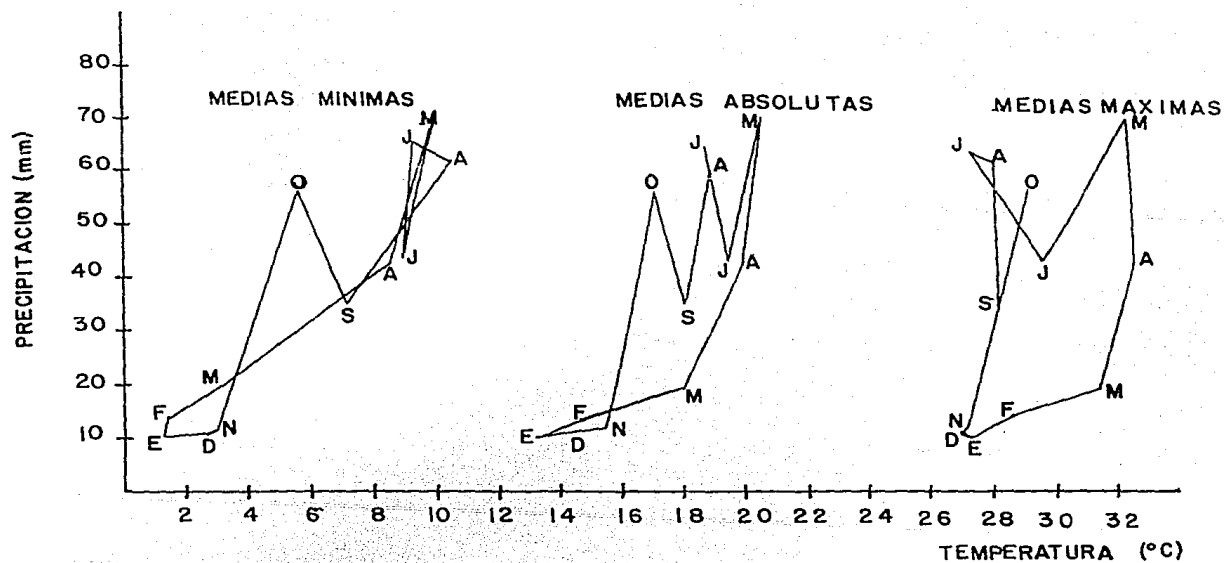


Figura 3. Precipitación contra evaporación, registradas en la Estación Metereológica de Mixquiahuala, Hgo.

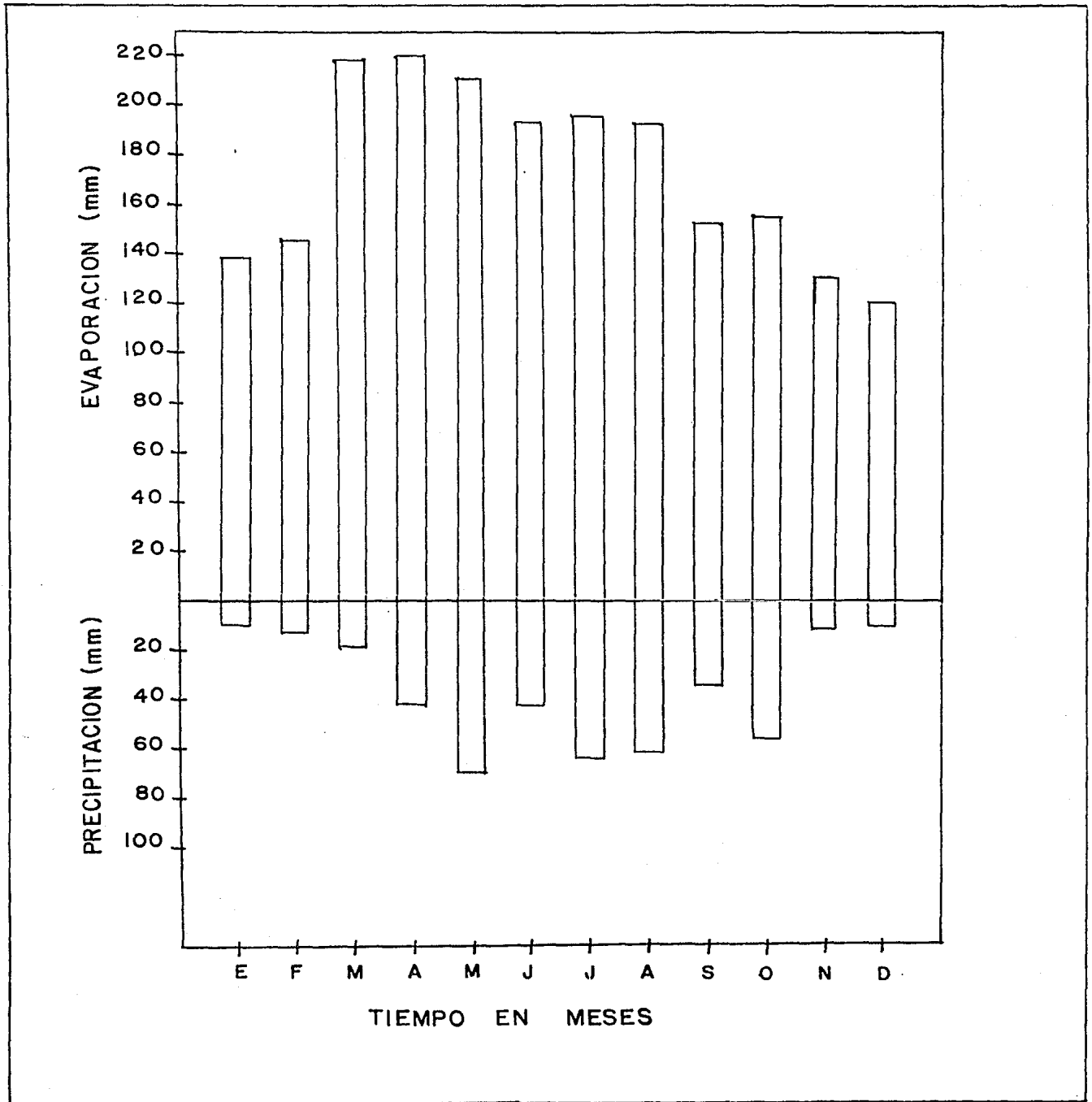
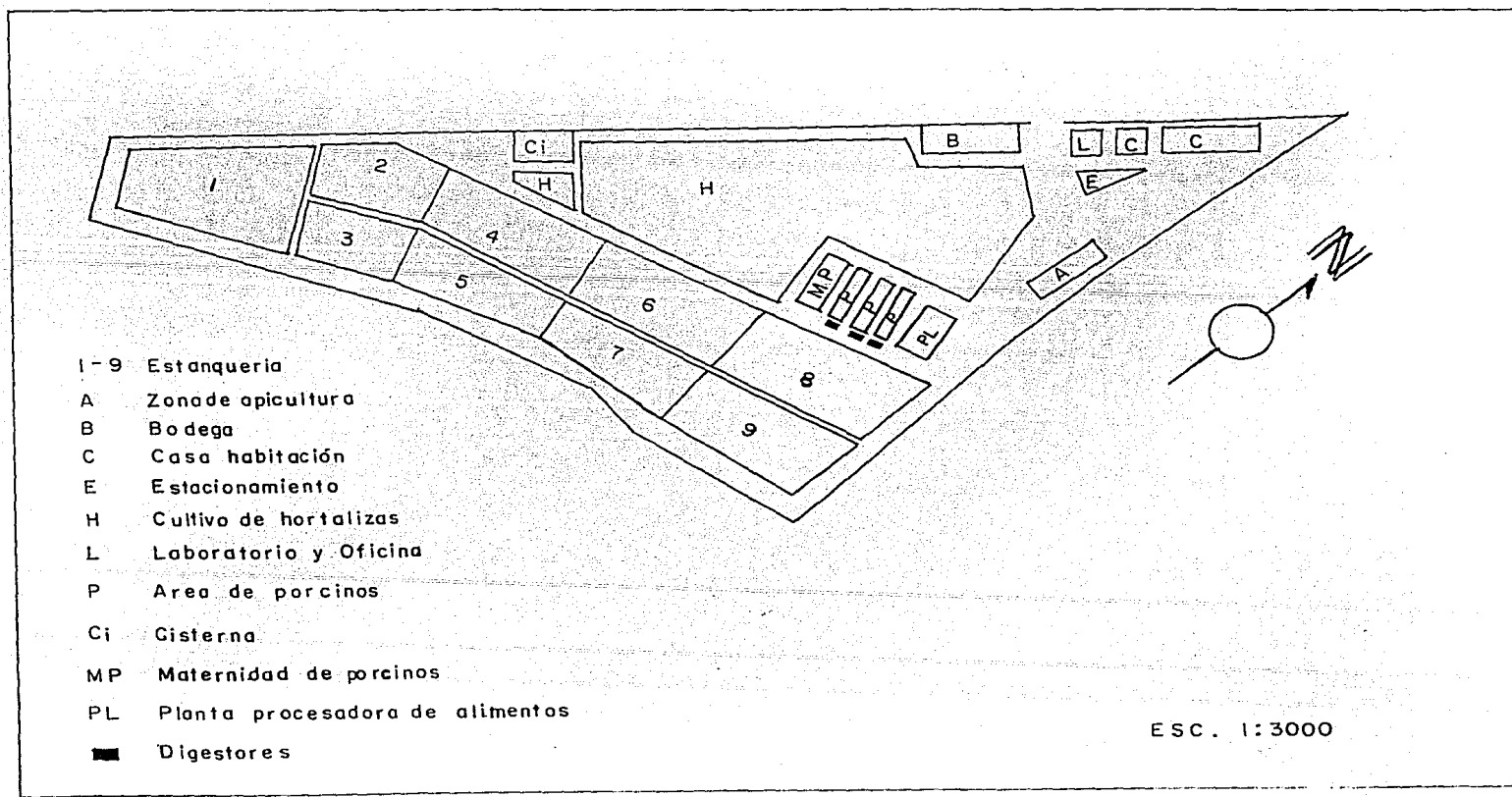


Figura 4. Croquis de la Granja Integral de Policultivo en Tezantepec de Aldama, Hgo.



tico de distintos tamaños ( desde 1 386 hasta 4 520 m<sup>2</sup> ) y las 3 Ha restantes están ocupadas por árboles frutales; apiarios; área de crianza, reproducción y engorda de cerdos; almacén; laboratorio; unidad de mo---lienda; casa habitación; oficinas y albergue. El suministro de agua para la granja está dado por el manantial llamado "El Pueche" del cual se capta un flujo promedio de 100 l/s y la calidad del agua es excelente - para usos en piscicultura (tabla 1) ( Carta Edafológica de Pachuca F14-11; Carta Edafológica de Mixquiahuala F14-C88; Carta Climatológica de - Queretaro 14Q-III; Arredondo y Juárez, 1985; García, 1973 ).

## VI. MATERIAL Y METODOS

### 6.1 Calidad del agua.

La calidad del agua se registró durante 16 quincenas, en las que se monitorearon y analizaron in situ. los siguientes parámetros fisicoquímicos: transparencia, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, dureza total, nitritos, nitratos, amonio, ortofosfatos, sodio, potasio y productividad primaria.

Las técnicas utilizadas para medir cada parámetro se presentan en la tabla 2.

Los parámetros se analizaron para muestras de superficie y fondo, las cuales se colectaron mediante una Botella Van Dorn con 5 litros de capacidad.

Al concluir los análisis de los parámetros fisicoquímicos, se procedió a realizar el análisis estadístico de los mismos, con las pruebas de "t" de "Student" y el Análisis de Varianza (ANOVA), para esto se utilizaron la Computadora Burroughs B-7800 con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS) hecho por Nie et al. (1975), así como la Microcomputadora APPLE IIe con el Programa Estadístico de ANOVA de un camino para la APPLE II ( González, B.M. 1983. Programas Estadísticos

Tabla 1. Parámetros físicoquímicos del agua del manantial "Puedhe", que surte a los estanques de la Granja.

Parámetro	Valor promedio
Temperatura (°C)	22.0
Conductividad (micromhos/cm)	1317.0
pH	8.4
Alcalinidad total (mg/l)	341.0
Carbonatos (mg/l)	92.0
Bicarbonatos (mg/l)	249.0
Dureza total (mg/l)	478.0
Dureza de calcio (mg/l)	188.0
Dureza de magnesio (mg/l)	290.0
Sodio (mg/l)	1145.0
Potasio (mg/l)	74.0
Cloruros (mg/l)	220.0
Nitritos (mg/l)	0.003
Nitratos (mg/l)	1.13

Tabla 2. Técnicas empleadas en los análisis de la calidad del agua de los parámetros fisicoquímicos quincenales.

Parámetro	Técnica	Referencia
Transparencia	Disco de Secchi	Boyd, (1979)
Temperatura	Directa	-----
Conductividad	Conductivímetro	-----
Oxígeno disuelto	Titulación	APHA, (1971)
pH	Potenciómetro	-----
Alcalinidad total	Titulación	APHA, (1971)
Dureza total	Titulación	APHA, (1971)
Nitritos	Colorimétrico	Margalef <u>et al.</u> , (1976)
Nitratos	Colorimétrico	Margalef <u>et al.</u> , (1976)
Amonio total	Colorimétrico	Wetzel y Likens, (1979)
Ortofosfatos	Colorimétrico	Margalef <u>et al.</u> , (1976)
Sodio y Potasio	Flamometría	APHA, (1971)
Productividad primaria	Botellas claras y obs.	Boyd, (1979)

para APPLE IIe ), el Programa GRAPHPACK con el Curve Fitter ( Warne, P. K. 1980. Curve Fitter. Interactive Microware ), el Programa de GRAPHTRIX ( DATA TRANSFORMS. INC., 1981. Graphtrix 1.2 .MATRIX Printer. Graphics System ), en la Unidad de Procesamientos de Datos del Instituto de Biología, U.N.A.M.

## 6.2 Preparación de estanques.

Con base en las experiencias de otros países y con la finalidad de obtener el mejor rendimiento en el cultivo, se procedió a preparar los estanques.

Primero se lavaron perfectamente, para remover los posibles residuos de materia orgánica y fertilizante que se hubieran acumulado por el cultivo anterior. Después, los fondos de los estanques se encalaron en seco con  $3 \text{ Kg/m}^2$  de cal viva, para evitar posibles infecciones, se dejaron secar durante 5 días, al término de los cuales se lavaron de nuevo para eliminar los restos de la cal viva. Al mismo tiempo se colocaron filtros de malla fina en los vertederos, para evitar la posible entrada de organismos competidores en el cultivo. Al término de esta fase, se procedió a la fertilización inicial, en la que se aplicó uniformemente en el fondo del estanque, una cantidad de  $60 \text{ g/m}^2$  del fertilizante en la proporción de:

10% de urea (46% N, 0, 0) más 90% de la fórmula compleja (17% N, 17%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 17%  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Después de fertilizados los estanques, se llenaron a una tercera parte (aproximadamente 0.5 m) durante 15 días, posteriormente, se rellenaron a una profundidad promedio de 1.5 m y se mantuvieron durante toda la fase experimental con un flujo de 3-5 l/s.

### 6.3 Almacenamiento de los organismos.

De los nueve estanques existentes en la granja, se utilizaron tres para realizar este estudio. Antes de ser introducidos los peces, se pasaron por un baño de cloruro de sodio (agua con sal) con una concentración de 5 g/l, durante 20 minutos, como medida profiláctica. El periodo de crecimiento quedó comprendido entre finales de noviembre (1982) hasta agosto-septiembre (1983). El policultivo fue compuesto con una densidad de 1.5 organismos/m<sup>2</sup>, de la siguiente forma:

Estanque 4 (2 136 m<sup>2</sup>): carpa cabezona 1 120 organismos (35%), carpa plateada 64 (2%), carpa herbívora 1 602 (50%) y carpa brema 416 (13%), con un peso total inicial de 8 240 g (\*).

Estanque 5 (1 902 m<sup>2</sup>): carpa cabezona 428 organismos (15%), carpa plateada 57 (2%), carpa espejo 570 (20%), carpa herbívora 1 426 (50%) y carpa brema 371 (13%), el peso total inicial almacenado fue de 6 376 g.

Estanque 6 (1 781 m<sup>2</sup>): carpa cabezona 935 organismos (35%), carpa plateada 53 (2%), carpa herbívora 1 336 (50%) y carpa brema 347 (13%), su peso total inicial almacenado fue de 6 874 g (\*).

(\*) La razón por la cual no se almacenaron carpas espejo en los estanques 4 y 6, fue porque el número de crías disponibles de esta especie no fue suficiente en el Centro de Reproducción Piscícola de Tezontepec de Aldama, de donde se obtuvieron todos los organismos para este estudio, entonces, el porcentaje fue sustituido con crías de carpa cabezona.

En el transcurso del experimento se tomaron 7 muestras representativas de las poblaciones, de acuerdo con la ecuación de Yamane (1979):

$$n = N/(1 + Ne^2)$$



donde  $n$  = tamaño de muestra,  $N$  = número de datos de la población y  $e$  = error o precisión. Se consideró un error del 11% y un intervalo de confianza del 89%, el tamaño de muestra resultante fue de 80 organismos para cada especie.

Para capturar a los organismos, se empleó un chinchorro de 30 m - de longitud, con una altura de 2 m y una abertura de malla de 1 cm.

Una vez que se obtuvo el tamaño de muestra, se procedió al registro biométrico de las especies y se hicieron las siguientes medidas; peso total, medido con una balanza granataria cuya capacidad es de 2 610 gramos, teniendo una escala mínima de  $0.1 \text{ g} \pm 0.05 \text{ g}$ , longitud furcal y altura máxima, medidos con un ictiómetro de escala  $0.0\text{-}40.0 \text{ cm} \pm 0.05 \text{ cm}$ .

#### 6.4 Fertilización.

La fertilización se hizo con urea (46% N, 0, 0) más fórmula compleja (17% N, 17%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 17%  $\text{K}_2\text{O}$ ), se aplicó en un 10 y 90% respectivamente como sigue:

Estanque 4:  $0.9 \text{ Kg} + 7.43 \text{ Kg/día}$ , con un total de 2 340 Kg en 281 días

Estanque 5:  $0.8 \text{ Kg} + 6.6 \text{ Kg/día}$ , con un total de 2 286.6 Kg en 309 días

Estanque 6:  $0.76 \text{ Kg} + 6.2 \text{ Kg/día}$ , con un total de 2 095 Kg en 301 días.

#### 6.5 Alimentación.

Las especies planctófagas se alimentaron a través de la producción natural en los estanques, mientras que a las especies herbívoras - se les proporcionó alfalfa (80%) y desperdicios de hortalizas (20%) una vez al día de lunes a viernes, este alimento fue dado a partir de los cuatro meses de almacenamiento en una proporción aproximada del 25% de la biomasa total.

### 6.6 Crecimiento.

Los análisis para el crecimiento de los organismos fueron hechos con las fórmulas generales:

a) Relación longitud-peso.  $W = a L^b$  o  $\log W = \log a + b (\log L)$   
 donde W= peso, L= longitud, "a" y "b"= cte.; estas constantes se determinaron a través de una regresión lineal ( Ricker, 1975; Everhart et al. 1976; Lagler, 1975 ).

b) Crecimiento. Se realizó con el sistema de "tallo y hoja", el cual es la base para hacer los Diagramas de Caja (Box Plot), introducidos por Tukey (1977), en los que se establecen intervalos de acuerdo a la mediana de los datos y en la división geométrica de los mismos (Mc Neil, 1977 y Tukey, 1977 ).

c) Crecimiento específico.  $G = ((\ln Y_T - \ln Y_t) / (T - t)) \times 100$   
 donde G= crecimiento,  $\ln Y_T$ = logaritmo natural del tamaño final al tiempo final,  $\ln Y_t$ = logaritmo natural del tamaño inicial al tiempo inicial, T= tiempo final, t= tiempo inicial ( Weatherley, 1972 ).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se expresan en gráficos y tablas, los cuales contienen datos estadísticos de las variables evaluadas en este estudio, y para facilitar la expresión de los mismos y la discusión, estos se presentan desglosados de la siguiente manera:

### 7.1 Calidad del agua.

Para verificar la existencia de una diferencia significativa entre los valores superficiales y los de fondo, se utilizó la prueba estadística de "t" de "Student" y para observar si existió diferencia significativa entre o dentro de los estanques se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA). Los resultados obtenidos después de utilizar ambas pruebas muestran que no hay ninguna diferencia significativa, ya sea en la superficie o fondo, o entre y dentro de los estanques, por lo tanto, -- los gráficos realizados se hicieron con los valores superficiales mayores y menores, sin importar de que estanque fueran, excepto en la productividad primaria, que fue expresada para cada estanque.

Con base en lo propuesto por Stickney (1979), los parámetros monitoreados pueden ser divididos en conservativos y no conservativos, los primeros son independientes de la actividad biológica que se presente en el medio, mientras que los segundos pueden verse alterados por ésta misma actividad.

#### a) Parámetros Conservativos.

##### i) Temperatura.

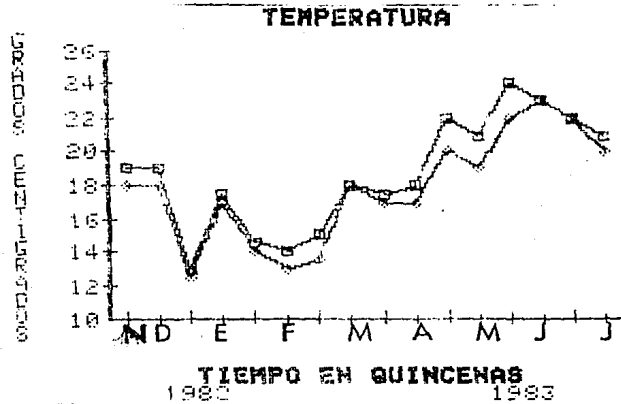
La temperatura es un factor importante en el estudio de los organismos acuáticos, debido a que la madurez sexual, el crecimiento, la -- etapa de reproducción, la solubilidad de los gases y otros factores, -- van a depender de ésta. Parker y Davis (1981), han reportado que cuando existen variaciones bruscas en el gradiente térmico, los peces pueden -- llegar a sufrir un trauma y morir, por verse afectado su sistema nervio

50.

La energía es absorbida exponencialmente con la profundidad, mientras que el calor es absorbido en la capa superficial del agua. Esto se presenta en aquellos estanques donde las concentraciones de materia orgánica disuelta y las partículas de materia en suspensión son altas, -- por lo que se incrementa la absorción de energía, en tanto la turbidez del agua disminuye. La transferencia de calor de las capas de agua superficiales hacia las profundas, depende en gran medida de la mezcla -- por el viento ( Boyd, 1979 ).

En los estanques experimentales, la temperatura presentó una fluctuación normal, se encontró baja en época de frío y va en incremento, -- paulatinamente, hasta llegar a la época de calor. De las lecturas obtenidas la más baja se registró en la segunda quincena de diciembre con  $-12.5^{\circ}\text{C}$  y la más alta en la segunda quincena de mayo con  $24^{\circ}\text{C}$ . Se observó que las lecturas inferiores a los  $14^{\circ}\text{C}$  se presentan en los meses que comprenden la estación de invierno y a partir de la primavera hay -- un ascenso constante desde los  $18$  hasta los  $24^{\circ}\text{C}$ , con una ligera baja al final de la estación (Fig. 5).

Figura 5. Temperatura contra tiempo



Las bajas temperaturas van a limitar la alimentación y, por lo tanto, el crecimiento de los peces de aguas cálidas. Szumiec (1976), ha reportado que la unidad de peso de crecimiento de una carpa intensamente alimentada, es directamente proporcional a la suma de las temperaturas del agua más altas que 14 °C. El hecho de que el peso de la carpa disminuya cuando la temperatura durante el tiempo de cultivo sea menor de 14 °C, indica que esta es la mínima temperatura que favorece el crecimiento de la carpa.

Si se considera lo reportado por Szumiec (op. cit.), se podría decir que el crecimiento de las carpas en los estanques fue nulo en la época de frío, por encontrarse temperaturas abajo de los 14 °C, excepto para la carpa espejo, que tiene un crecimiento más o menos constante; cuando la temperatura ascendió, la respuesta de los organismos fue inmediata, ya que hubo un aumento en la talla y peso de todas las especies (ver Figs. 28 a 30).

Backiel y Stegman (1966), han descubierto que las carpas tienen un desarrollo normal a los 20 °C, presentan un 50% de mortalidad a 35.7 °C y un 100% a los 36.9 °C. Dentro del intervalo óptimo de temperatura, la carpa muestra un gran apetito y, muy probablemente, tiene un mayor crecimiento cuando la temperatura en el medio se encuentra entre los 23 y 27 °C, con respecto a las temperaturas de 16-18 °C y de 29-30 °C. Esto confirma lo encontrado, ya que a partir de la segunda quincena de abril, la temperatura se mantuvo entre los 21-25 °C, lo que coincide con el "disparo" en el crecimiento de las especies a partir de los 200 días de cultivo.

#### ii) Conductividad.

Boyd (1979), ha encontrado que el agua destilada tiene una conductividad cercana a 1 micromho/cm, mientras que en las aguas de embalses, lagos y estanques de nuestro país, ésta varía desde 20 a más de 10 000 micromhos/cm, y su lectura permite estimar el grado de mineralización del agua (Arredondo, en prensa).



iii) pH.

El pH es uno de los parámetros más relevantes en el estudio de la calidad del agua, por la influencia que tiene éste en otros parámetros como los ortofosfatos; nitritos, productividad primaria, etc., los cuales a su vez influyen en el crecimiento de los peces.

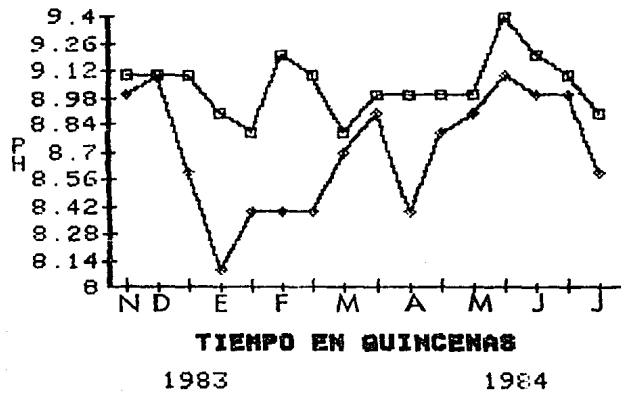
Swingle (1961, fide: Hephher y Pruginin, 1985), Alabaster y Loyd (1980), han encontrado que cuando el pH del agua está entre 4.5-5.0, es tóxica para muchos peces, en el intervalo de 5.0-5.5 puede ser dañada - la etapa reproductiva de los mismos, entre 5.6-6.5 disminuye la producción piscícola, debido a un efecto directo sobre ellos o sobre los organismos que constituyen el alimento de los peces, y aquellos que presentan antes del amanecer un pH de 6.5 a 9.0, son los más adecuados para - la producción piscícola en estanquerías.

Cuando las plantas remueven el CO<sub>2</sub> del medio para su utilización en la fotosíntesis, el pH del agua se ve incrementado, como un resultado del aumento en la concentración de los carbonatos. Dicho de otra forma, en ciertos intervalos, el pH es directamente proporcional a la concentración de carbonato ( Boyd, op. cit. ).

Los puntos de muerte ácida y alcalina son aproximadamente a pH 4 y 11 respectivamente (Swingle, 1961 y Calabrese, 1969, fide: Boyd, op. cit.). Una buena producción de peces puede ser lograda usualmente en - aguas blandas, aunque los valores de pH en la tarde a menudo sean de 9 durante periodos de fotosíntesis intensa ( Boyd, 1979 ).

Se observó en los estanques, que las concentraciones mayores de pH fluctúan en forma casi ciclica, entre 8.8 y 9.4; el valor máximo se registró en la segunda quincena de mayo con 9.4, mientras que las concentraciones menores fluctúan entre 8.1 y 9.0 en forma no tan regular, en la primera quincena de enero se registró el valor mínimo con 8.1. - Durante el estudio se observó (Fig. 7) que se mantuvo un pH óptimo, entre 8 y 9, para la producción de peces, como lo menciona Boyd (op. cit.)

Figura 7. pH contra tiempo



a pesar de que se observan grandes fluctuaciones, en realidad son mínimas, ya que son de décimas, y se mantienen como en un sistema amortiguador, el cual tiene su principal sustento en el sistema formado por el ácido carbónico-carbonatos.

#### iv) Alcalinidad y dureza.

La capacidad del sistema de aguas naturales para resistir cambios en el pH puede ser medida en términos de cantidad de iones carbonato - (o equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ ) y bicarbonatos que se encuentran viables en el sistema. Esta medición es llamada alcalinidad (Stickney, 1979; Hopper y Pruginin, 1985; Boyd, 1979).

El sistema de equilibrio  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3\text{-CO}_3$  es el mayor mecanismo amortiguador en aguas dulces. La fotosíntesis y la respiración son los dos factores que más influyen en la cantidad de  $\text{CO}_2$  en el agua, así como en el sistema amortiguador de carbonatos y puede, en algunos casos, resultar significativo en los cambios de pH cuando la reserva carbonato-bicarbonato es agotada (Stickney, 1979, Wetzel, 1975).

La alcalinidad del bicarbonato se deriva de la diferencia entre los valores de carbonatos (fenolftaleína) y la alcalinidad total (naran



ja de metilo), ( APHA, 1975, fide: Stickney, 1979 ).

En sistemas acuícolas, la alcalinidad está entre los 30 y 200 mg/l para las aguas dulces ( Stickney, 1979 ). Bardach, et al. (1972 fide: Parker y Davis, 1981) , dicen que los niveles alrededor de 200 mg/l son considerados como adecuados para el cultivo de especies.

Por otro lado, Moyle (1945 y Mairs, 1966, fide: Boyd, 1979), mencionan que aquellas aguas que contengan 40 mg/l o más de alcalinidad total como equivalentes de  $\text{CaCO}_3$  son consideradas, para propósitos biológicos, como aguas duras, puesto que la alcalinidad y la dureza están relacionadas estrechamente, mientras que con menores concentraciones son denominadas blandas. Boyd (op. cit.), plantea que las aguas duras son consideradas como más productivas que las blandas, aunque las grandes producciones no resultan directamente de las altas concentraciones de alcalinidad, sino de los altos niveles de fósforo y otros elementos esenciales que se incrementan junto con la alcalinidad.

Cuando el calcio y el magnesio son los elementos más abundantes en aguas dulces y con tierras alcalinas, sus concentraciones como equivalentes de  $\text{CaCO}_3$  han sido tomadas usualmente como medida de la dureza total ( Boyd, 1979; Wetzel, 1975; Margalef, 1983 ).

Sawyer y Mc Carty (1967, fide: Boyd, op. cit.), han categorizado a las aguas de acuerdo a sus grados de dureza como:

0-75 mg/l	Suaves
75-150 mg/l	Moderadamente duras
150-300 mg/l	Duras
300 ó más mg/l	Muy duras

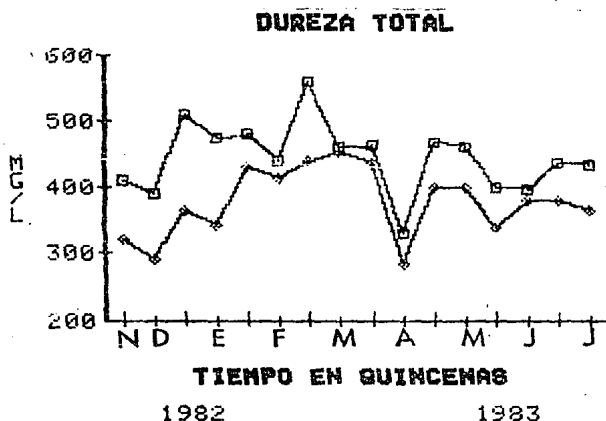
En el presente trabajo, en promedio, hay una mayor dureza total que alcalinidad total (Tabla 3). La dureza total, de noviembre a febrero tuvo un comportamiento oscilante, pero con tendencias al ascenso; en la segunda quincena de febrero se registró la máxima lectura con 556 -

Tabla 3. Resultados generales de los análisis fisicoquímicos quincenales.

Parámetro	$\bar{X}$	Máximo	Mínimo	Intervalo óptimo para el crecimiento de peces
Transparencia (m)	0.93	1.95	0.15	0.30-0.60 m (Boyd, 1979)
Temperatura (°C)	18.20	24.00	12.50	20-25 °C (Backiel y Stegman, 1966)
Conductividad ( $\mu\text{mhos}/\text{cm}^2$ )	1298.27	1460.00	1083.00	
Oxígeno disuelto (mg/l)	10.37	24.50	4.40	>5.0 mg/l (Boyd, 1979)
(% sat.)	144.19	351.00	56.00	>69% (Boyd, 1979)
pH	8.88	9.40	8.10	$\geq 6.5$ y $\leq 9$ (Swingle, 1961)
Alcalinidad total (mg/l)	263.51	480.00	151.00	$\approx 200$ mg/l (Bardach <i>et al.</i> , 1972)
Dureza total (mg/l)	407.34	556.00	284.00	
Nitritos (mg/l)	0.42	1.09	0.04	<0.5 mg/l (Crawford y Allen, 1977)
Nitratos (mg/l)	0.54	1.51	0.00	<1000 mg/l (Colt y Armstrong, 1981)
Amonio (mg/l)	0.24	2.02	0.00	<0.4 mg/l (Colt y Armstrong, 1981)
Ortofosfatos (mg/l)	0.54	3.39	0.00	
Sodio (mg/l)	1589.52	2152.60	1007.60	40 mg/l (Wetzel, 1975)
Potasio (mg/l)	56.87	98.88	27.37	

mg/l, para después caer en las siguientes quincenas y registrarse en la primera quincena de abril la mínima lectura con 284 mg/l, después ascendió nuevamente y se mantuvo con pequeñas oscilaciones hasta el final del estudio (Fig. 8).

Figura 8. Dureza total contra tiempo



Por otro lado, la alcalinidad total presentó características opuestas a la dureza total; de noviembre a marzo los valores obtenidos oscilan entre los 155 y 300 mg/l, con tendencias al descenso. En la segunda quincena de marzo hubo un elevamiento abrupto y es en esta fecha donde se encontró la máxima lectura con 480 mg/l (Fig. 9), a la siguiente quincena (primera de abril) se obtuvo la mínima lectura con 151 mg/l, después ascendió nuevamente y se mantuvo casi constante hasta el final del estudio.

Hay que hacer notar que el máximo valor de alcalinidad registrado, sobrepasa la concentración de la dureza, ya que en la primera hay 480 mg/l y en la segunda hay 464 mg/l, esto sucedió exclusivamente en esta fecha.



v) Sodio y potasio.

Las concentraciones de estos elementos son altamente variables en aguas de estanques, los valores pueden fluctuar desde menos de 1 mg/l - hasta más de 100 mg/l ( Boyd, 1979 ).

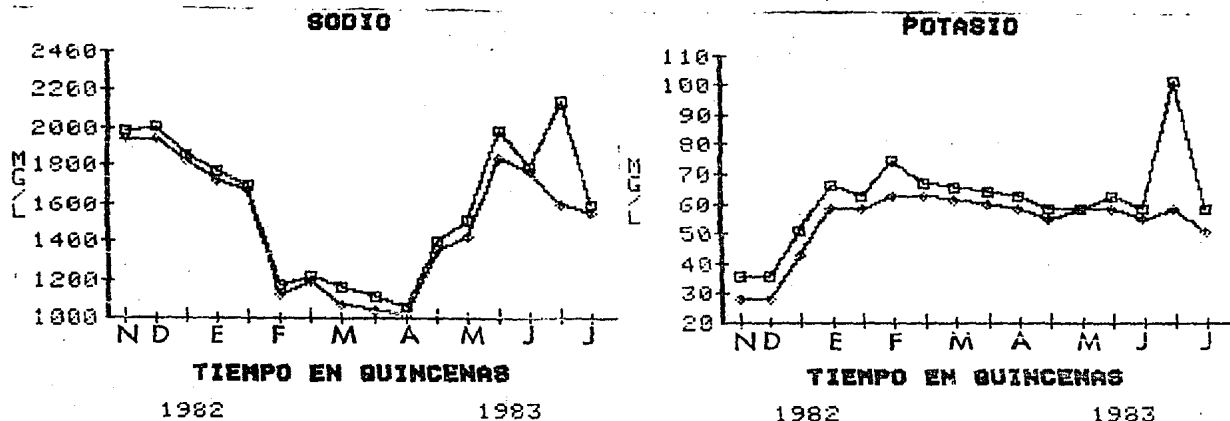
El agua en equilibrio con el aire es ácida y ataca diversos minerales solubilizándolos, a la vez que el agua incrementa su reserva alcalina y aumenta el pH de la solución. Normalmente las arcillas retienen más los iones monovalentes que los divalentes, de manera que el calcio y el magnesio se movilizan más fácilmente. Sólo en condiciones de exceso de sodio, la reserva alcalina está constituida no sólo por alcalinotérreos, sino también por alcalinos, lo que forma aguas carbonatadas - sódicas, fuertemente alcalinas, que caracterizan algunas regiones limnológicas en las que el calcio precipita. Aguas del mismo tipo pueden surgir de manantiales. En general, se caracterizan porque en ellas la concentración del sodio y potasio es mayor que la del cloro y sulfato a nivel de iones ( Margalef, 1983 ).

Los cationes monovalentes de sodio y potasio están involucrados - primariamente en el intercambio y transporte iónico. Un nivel de entrada de 4 mg Na/l es requerido para un crecimiento cercano al óptimo de diferentes especies de algas, las concentraciones que están alrededor - de la media para numerosas aguas duras de lagos están presumiblemente - influenciadas, entre otros muchos factores, por el desarrollo de grandes poblaciones algales. El máximo crecimiento de diferentes algas verde-azules fue encontrado en 40 mg Na/l. El enriquecimiento de aguas con altos niveles de sodio y fósforo, fue indicado como un contribuyente potencial para una competencia efectiva entre las algas verde-azules bajo condiciones de florecimiento ( Wetzel, 1975 ).

Los resultados obtenidos para sodio y potasio muestran dos tendencias diferentes (Figs. 10 y 11), el sodio tendió a descender en la época de frío (diciembre a marzo); en la primera quincena de abril se encontró la concentración más baja con 1 007.6 mg Na/l, en las siguientes

quincenas empezó a elevarse y alcanzó la máxima lectura registrada, en la segunda quincena de junio, con 2 152.6 mg Na/l; por otra parte, el potasio tendió a incrementarse a partir de los meses de frío, empezó con 27.37 mg K/l (noviembre a diciembre), que fue la mínima concentración obtenida, continuó en ascenso hasta el mes de febrero y se mantuvo casi constante entre 60 y 70 mg K/l hasta la segunda quincena de junio, en la que se obtuvo la máxima concentración con 98.88 mg K/l. Fue por esta continuidad en la concentración de las sales, que la conductividad se mantuvo casi constante.

Figura 10. Sodio contra tiempo      Figura 11. Potasio contra tiempo



Por lo tanto, los niveles encontrados para sodio y potasio estuvieron por arriba de los reportados por diferentes autores para el crecimiento óptimo de las poblaciones algales. Las grandes concentraciones de sodio, tal vez, son debidas al tipo de suelo (calcárico y petrocálcico) existentes en la zona y a la naturaleza y condiciones del surgimiento, ya que el agua utilizada es de manantial y puede tener características semejantes a las mencionadas por Margalef (op. cit.).

Boyd (1979), ha encontrado que las concentraciones de potasio son normalmente mayores en estanques localizados en suelos fértiles, que en estanques con suelos arenosos y pobres.

Por otro lado, Wetzel (1975), encontró que la distribución espacial y temporal del sodio y potasio en lagos es uniforme, con pequeñas variaciones estacionales, con lo cual indica la naturaleza conservativa de estos iones. También menciona, que la reducción moderada epilimnética de potasio observada en lagos extremadamente productivos, puede estar relacionada con la utilización del potasio por las poblaciones masivas algales y la sedimentación biótica en el hipolimnion, situaciones análogas - han sido encontradas en estanques fertilizados de granjas productivas.

#### b) Parámetros no Conservativos.

##### i) Transparencia.

Este es uno de los factores que van a limitar el desarrollo de los organismos acuáticos, ya que tiene una gran influencia en la productividad primaria.

De toda la luz que reciben los estanques, sólo una porción penetra más allá de la capa superficial y otra gran parte es reflejada, esto va a depender del ángulo de incidencia de los rayos solares en el sistema. El color natural del agua está dado por los rayos sobrantes de luz no absorbidos de la incidencia original, mientras que el verdadero color es causado por las substancias que se encuentran en solución o suspensión coloidal. El color aparente se debe a la materia suspendida, la cual interfiere con la penetración de la luz. Se ha observado, que la fotosíntesis no puede producirse a profundidades donde la intensidad luminosa es menor del 1%. El estrato de agua que recibe el 1% o más de incidencia solar se le denomina "zona eufótica" ( Boyd, 1979 ).

La técnica más utilizada en estanques que no contienen una apreciable turbidez arcillosa es la visibilidad del "Disco de Secchi". Es imposible establecer una turbidez ideal planctónica para cultivo de peces, sin embargo, una visibilidad del disco con un intervalo de 30-60 cm es por lo general adecuada para una buena producción piscícola. Cuando esta visibilidad está por debajo de los 30 cm, la cantidad de oxígeno





la más importante, es el desprendido por las plantas acuáticas durante el proceso de fotosíntesis. Dentro de los factores que controlan a la fotosíntesis, y por lo tanto a la cantidad de oxígeno desprendido, se encuentran: temperatura, luz, concentración de nutrimentos, especies y abundancia de plantas, turbulencia y otros factores. En estanques de peces la concentración de nutrimentos generalmente es alta y el fitoplancton es más abundante durante los meses cálidos (Boyd, 1979).

Hepher (1962) y Boyd (op. cit.), denominan punto de compensación a aquella profundidad en la cual el oxígeno producido por fotosíntesis es igual al oxígeno utilizado durante la respiración y corresponde a la profundidad de la zona eufótica. Este punto en estanques piscícolas se encuentra, por lo general, a menos de 1 m y en ocasiones aún a menor profundidad.

Swingle (1969, fide: Boyd, 1979), considera que los peces de estanques expuestos por periodos largos a concentraciones de O.D. menores de 0.3 mg/l podrían morir. También afirma que 1 mg/l de O.D. es la mínima concentración necesaria para mantener peces en reposo por largos periodos y que concentraciones abajo de 5.0 mg/l en estanques no son deseables.

Stickney (1979), menciona que algunas especies pueden tolerar concentraciones más bajas de 5.0 mg/l, las que repercuten en los peces en forma de una leve tensión, aunque no siempre se presenta.

Los resultados obtenidos se expresan en forma de mg/l, ya que así se da una mejor idea de como se encuentra el sistema, además se incluyen los % de saturación.









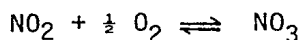
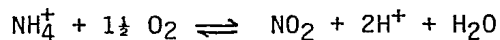


nitrificación es más rápida, como lo plantea Boyd (1979), por la oxidación que realizan las bacterias en el medio se presenta una mejor asimilación debido a su metabolismo; con los incrementos de los nitratos sucede lo contrario, el metabolismo de los organismos es más lento, por lo que existe una menor asimilación, entonces hay una relación directa de la temperatura y pH en las fluctuaciones de este parámetro.

Colt y Tchobanoglous (1976, fide: Colt y Armstrong, 1981), han encontrado que el amoníaco es el mayor producto final del catabolismo de las proteínas excretado por peces. El otro compuesto nitrogenado que es excretado en cantidades significativas es la urea, ésta no es tóxica para los animales acuáticos en las concentraciones encontradas en los cultivos, ya que es hidrolizada rápidamente en amoníaco y bióxido de carbono.

En el medio acuático, la nitrificación es llevada a cabo en forma lenta, como una consecuencia de esto, el amoníaco y la urea son las especies nitrogenadas más abundantes en un sistema de flujo directo, mientras que en un sistema de reciclado, la razón de oxidación de amoníaco es igual a la razón de oxidación de nitritos, bajo condiciones estables, los niveles de nitritos son generalmente bajos. El amoníaco en forma de gas disuelto es una base débil; la expresión de equilibrio para esta reacción puede ser escrita como:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  (Colt y Armstrong, 1981).

El amonio nitrogenado puede ser usado por las plantas acuáticas o nitrificado a nitratos, los cuales pueden ser también absorbidos por las plantas. La nitrificación ocurre en dos pasos:



La oxidación del amonio nitrogenado a nitratos, se lleva a cabo -

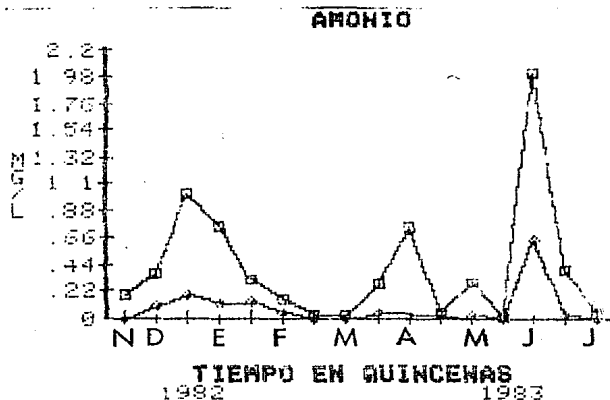
por la acción de una bacteria quimioautótrofa, Nitrosomona spp. en el primer paso y Nitrobacter spp. en el segundo, este  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_2$ , son usados como una fuente de energía, mientras que el  $\text{CO}_2$  es utilizado como una fuente de carbono. La nitrificación es más rápida cuando existen en el medio temperaturas de 25-35 °C y pH 7-8 ( Boyd, 1979 ).

Colt y Tchobanoglous (1976, Ball, 1967, fide: Colt y Armstrong, - 1981), han encontrado que para los peces, los valores de concentración letal media a 96-h (CL50-96h) de amonio no ionizado ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) tienen intervalos de 0.4-3.1 mg/l.

Sin embargo, Vamos y Tasnadi (1967, fide: Alabaster y Lloyd, 1980) han hecho algunas observaciones interesantes en la mortalidad de carpas en estanques. La mortalidad ocurre cuando las concentraciones de amonio no ionizado han alcanzado 0.5 mg  $\text{NH}_3$ /l con niveles de O.D. de 6 mg/l.

Por otro lado, Parker y Davis (1981), han encontrado que la concentración media letal de amonio total a 24 h (CL50-24h) para alevines de bagre es de 264 mg/l a pH 7, 39 mg/l a pH 8 y 4.5 mg/l a pH 9.

Figura 18. Amonio contra tiempo



La técnica que se utilizó para medir el amonio en este estudio, no



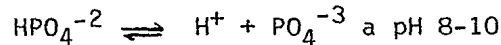
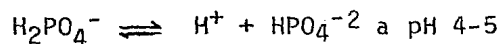
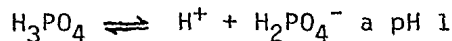
separa la concentración del amonio ionizado del no ionizado, entonces se hace referencia a un amonio total ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ), sin embargo, al utilizar las relaciones de equilibrio amoníaco-amonio que presenta Boyd (1979), se puede encontrar el porcentaje de amonio no ionizado en la solución acuosa, a diferentes valores de pH y temperatura. Las concentraciones de amonio total que se registraron tienen un promedio de 0.24 mg/l (Tabla 3) como se puede observar en la figura 18, se encontraron tres picos, el primero se presentó en la segunda quincena de diciembre con 1.02 mg/l, el siguiente fue en la primera quincena de abril con 0.75 mg/l y el tercero en la primera quincena de junio con 2.02 mg/l, éste último valor fue el máximo encontrado. Si se transforma este valor a porcentaje de  $\text{NH}_3$  y se expresa como concentración de mg  $\text{NH}_3$ /l, se obtiene que 2.02 mg/l de amonio total tienen un 42% de  $\text{NH}_3$  (a pH 9.2 y 22 °C) el cual equivale a 0.84 mg  $\text{NH}_3$ /l. Al comparar este resultado con los obtenidos por Parker y Davis (1981) o Vamos y Tasnadi (1967), se ve que como amonio total, los valores registrados están por debajo de lo que los autores reportan como dañinos, pero, aparentemente al compararlo en forma de amonio no ionizado se podría pensar que la concentración es alta, ya que Vamos y Tasnadi (1967) encuentran que concentraciones de 0.5 mg  $\text{NH}_3$ /l y 6 mg/l de O.D. son letales; el valor de 0.84 mg  $\text{NH}_3$ /l se encontró cuando la concentración de O.D. fue de 8.3 mg/l en la menor y de 13 mg/l en la mayor, por lo tanto, a pesar de ser mayor el valor registrado que el encontrado por los autores antes mencionados, el O.D. también es mayor, y no se encontró que esta concentración haya tenido alguna influencia negativa en el crecimiento de los peces. Este punto es apoyado por Parker y Davis (1981), los cuales han encontrado que los niveles de amonio no ionizado y las hormonas corticoesteroides se encuentran en una relación lineal. Estas hormonas son importantes ya que causan un balance negativo en el nitrógeno por desaminación de los aminoácidos. Esta desaminación no hace posible la síntesis de proteínas, la cual es esencial para el crecimiento de los peces.

Otro de los nutrimentos metabólicos clave es el fósforo, la presencia de éste en las aguas tiene una gran influencia en la productividad,

como lo han mencionado Boyd (1979), Jeffrey (1969), Hopher y Pruginin (1985) y otros autores, ya que ellos han encontrado que al adicionar fósforo al agua en forma de fertilizante, esta responde con una alta productividad primaria. Boyd (op. cit.), cita a Mortimer (1954) y Hickling (1962), y menciona que en los estanques en donde han adicionado fertilizante fosfatado, han encontrado un incremento en la producción de peces.

Margalef (1983), expone que el fósforo se comporta de manera muy diferente al nitrógeno. En el ciclo ecológico, el fósforo se encuentra, por lo general, en forma de fosfatos. De manera que el fósforo en el agua recicla en forma de fosfatos, y con facilidad, pues sus ésteres son fácilmente hidrolizables y las fosfatasa son prácticamente ubicuas. El fosfato es absorbido por las algas con rapidez, pero todos los organismos lo ceden también con facilidad considerable. Mientras que una parte importante de nitrógeno va a los excrementos, mudas etc., y tarda algún tiempo en reciclarse, el fósforo es excretado y aparece rápidamente en solución.

Boyd (op. cit.), menciona que los iones de ortofosfatos solubilizados en el agua, son considerados como productos de la ionización del ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ) y sus formas más simples como fósforo en el agua son:



Si se ubican los valores obtenidos en este estudio con respecto a lo encontrado por Boyd (op. cit.), se observa que la especie iónica dominante sería el  $HPO_4^{2-}$  y en menor proporción el  $H_2PO_4^-$ , por lo tanto, las concentraciones de ortofosfatos solubles que se registraron, principalmente presentaron estas dos formas iónicas.

El balance de nutrimentos (carbono orgánico, nitrógeno y fósforo) en estanques de cultivo intensivo, revela que cantidades de estos ele-



Hepher (1959), ha encontrado que en estanques fertilizados con nitrógeno y fósforo, es roto el equilibrio natural de estos dos minerales, y esto afecta al final las concentraciones en el agua.

Hepher (1963, 1967, fide: Hepher y Pruginin, 1985), ha encontrado que desde un punto de vista práctico no hay justificación económica o biológica para agregar dosis mayores a 0.5 mg de fósforo por litro, ó 1.4 mg de nitrógeno por litro. Cualquier cantidad superior a esta dosis es fijada o liberada tan rápidamente que reporta muy poco beneficio para los estanques.

Hepher (1966, fide: Boyd, 1979), ha demostrado que las concentraciones de fósforo liberado por los lodos de estanques piscícolas, no son adecuados para mantener niveles de producción fitoplanctónica, necesarios para una alta producción piscícola. Sin embargo, recientes estudios por Eren et al. (1977, fide: Boyd, op. cit.), indicaron que los niveles de fósforo en el lodo se incrementan con el tiempo en estanques fertilizados, lo que ofrece una mayor disponibilidad del fósforo en los procesos biológicos. Por otro lado, hay quienes dicen que al haber un equilibrio estable entre los fosfatos disueltos en el agua y en el sedimento del fondo del estanque, no hay necesidad de más aplicaciones de fertilizantes ( Hepher y Pruginin, 1985 ).

En este experimento, por ser fácilmente absorbido o adsorbido el fósforo por los sedimentos y por los organismos vegetales, fue necesario mantener una cantidad disponible en el medio, por lo que se agregó fertilizante diariamente y con esto se aseguró una buena producción fitoplanctónica.

## 7.2 Productividad Primaria

El determinar la productividad primaria en los estanques es importante, ya que proporciona información, en cuanto a producción orgánica se refiere.

Hepher (1962), ha descrito que cuando hay un aumento en la producción fitoplanctónica, por efectos de la fertilización, esta puede repercutir en un incremento considerable de la producción de peces, las determinaciones de la productividad primaria pueden ser utilizadas para una mejor evaluación de los efectos producidos por los diferentes tratamientos de fertilización en la producción orgánica.

La productividad primaria depende de varios factores, como lo han hecho notar Imevbore et al. (1970) y Margalef (1983), ya que ellos han encontrado que cuando la intensidad de luz es muy alta, se tiene un efecto inhibitorio, el cual es atribuido a una destrucción de clorofila por fotoxidación, aunque existe la posibilidad de que los carotenoides tengan cierto papel protector, aún así, la inhibición es más intensa a temperaturas altas, elevadas concentraciones de oxígeno y una baja en los elementos nutritivos, pero el efecto más importante en la explicación del descenso en la concentración del fitoplancton encontrado en la superficie, es el resultado combinado de la sedimentación y la turbulencia.

La forma de expresar la productividad primaria varía mucho, algunos autores prefieren la expresión de gC asimilado por gramo de clorofila y hora [gC/g(clor.)/hora], otros de gC/m<sup>2</sup>/año, gC/m<sup>3</sup>/día, mgC/m<sup>3</sup>/día, mgO<sub>2</sub>/l/24 h, mgC/l/3 h, etc., el citar estas formas es para demostrar que no existe unificación en los reportes, lo que hace un poco difícil las comparaciones de los resultados obtenidos, con los de otros autores.

El procedimiento más seguido para determinar la productividad primaria es la del cambio de oxígeno a través de botellas claras-oscurecidas, el cual fue introducido a fines del siglo pasado por Knauthe, K en 1898 ( Margalef, 1983 ).

Este método está limitado por la precisión de las determinaciones de oxígeno, que se suelen hacer siguiendo el método de Winkler, el cual permite ajustar hasta un 0.05 mg/l, de manera que si las diferencias entre unas y otras botellas son muy pequeñas, es decir, si la producción

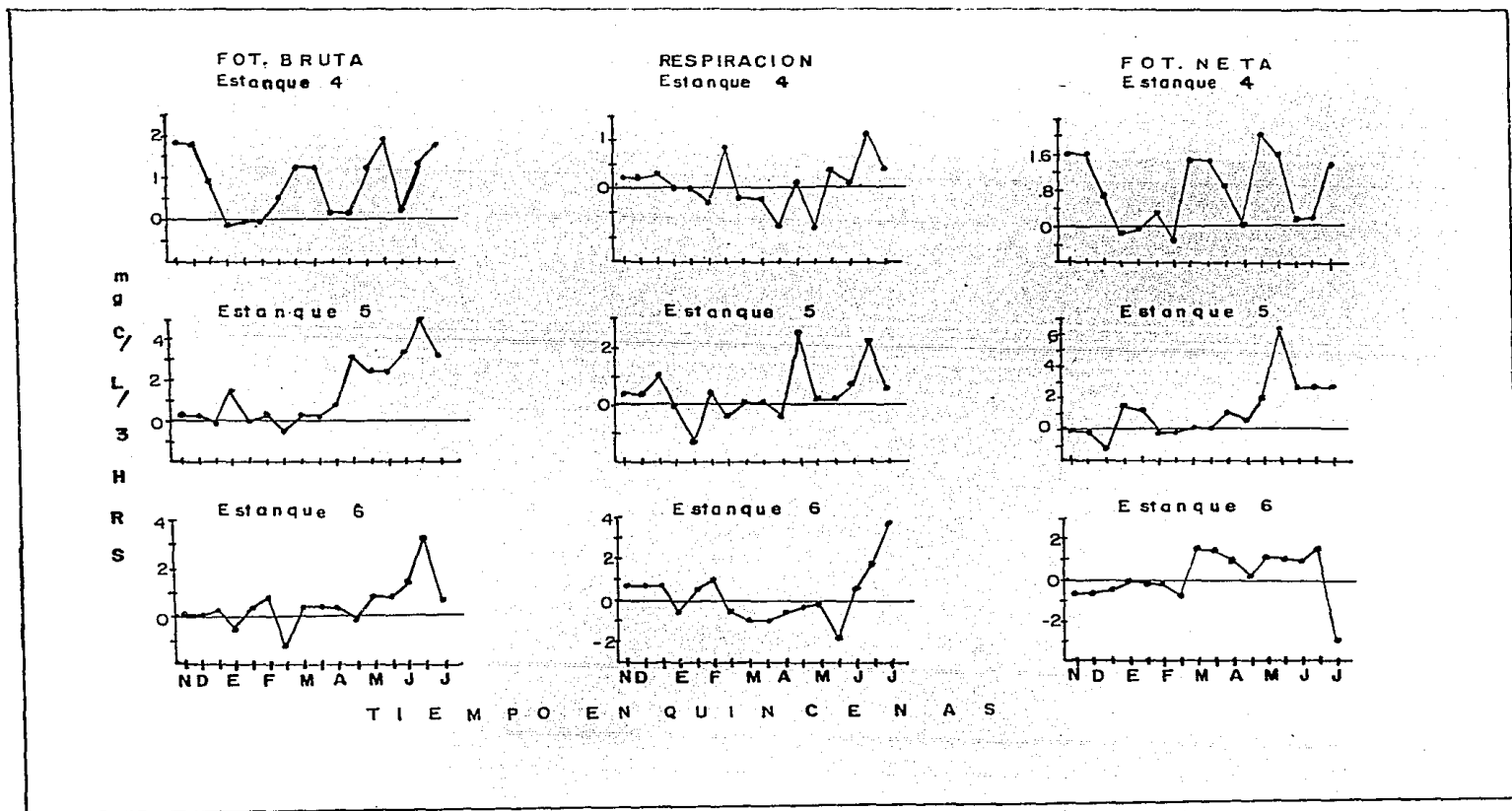
es baja, los resultados carecen de valor ( Margalef, op. cit. ). Sin embargo, Pratt y Berkson (1959, Strickland, 1960, fide: Hepher, 1962); -- Fott (1970) y otros, han demostrado algunas fuentes de error en el uso de este método, tales como la respiración bacterial y el incremento en la población algal en las botellas claras durante el experimento. Hepher (1962) encontró que las concentraciones de fitoplancton son lo suficientemente altas como para hacer exposiciones de menos de 3 h y con esto redujo considerablemente los errores de este género. También encontró, que cuando las botellas contienen altas concentraciones de fitoplancton y una concentración inicial alta de oxígeno y son expuestas a la luz por 3 h en el estanque, las burbujas formadas en el interior de algunas de ellas, son probablemente de oxígeno. Esto puede causar un error en la determinación final y posiblemente también tener una inducción en la inhibición de la fotosíntesis; reduciendo el tiempo de exposición a 2 h, los errores debidos a esta fuente fueron restringidos a muy pocos casos.

Por otro lado, Margalef (op. cit.), dice que con el método del oxígeno se pueden medir producciones negativas, es decir, detectar los casos en que la respiración supera a la fotosíntesis, en comparación, el método de carbono radiactivo siempre indicará una entrada neta. En general, el método de carbono tiende a dar resultados amortiguados, en forma intermedia entre la producción neta y la bruta, ordinariamente por debajo de los reales.

Al tomar en consideración las ventajas y desventajas que se encuentran en la aplicación de las diferentes técnicas para la determinación de la productividad primaria, en este estudio se utilizó el método de oxígeno (botellas claras-oscurecidas) que maneja Boyd (1979) y se hizo la transformación de  $\text{mg O}_2/1/3 \text{ h}$  a  $\text{mg C}/1/3 \text{ h}$  con el factor de conversión empleado por el autor.

En la fotosíntesis bruta, que es la cantidad total de carbono fijado en el sistema, se encontró que los tres estanques tienen comportamientos diferentes (Fig. 20), en el estanque 4 se obtuvo una media de 0.82

Figura 20. Productividad primaria contra tiempo.



mg C/1/3 h, la máxima lectura se obtuvo en la segunda quincena de mayo - con 1.99 mg C/1/3 h y se mantuvo oscilando en todo el estudio; en 5 la - media es de 1.43 mg C/1/3 h, la máxima lectura se registró en la segunda quincena de junio con 4.84 mg C/1/3 h, se apreció que en época de frío - (noviembre-marzo) la fotosíntesis estuvo muy baja y a partir de abril, - esta se incremento hasta el final del estudio; por último el 6 tuvo una media de 0.53 mg C/1/3 h, el valor máximo, como en el caso anterior, tam - bién se alcanzó en la segunda quincena de junio con 3.3 mg C/1/3 h y su tendencia fue semejante al estanque anterior, aunque sus concentraciones son menores. Boyd (op. cit.), ha encontrado que la productividad bruta - en estanques fertilizados y sin fertilizar tiene diferencias. La produc- tividad bruta promedio medida en estanques fertilizados y sin fertilizar en Auburn, Alabama, fue de 1.76 mg C/1/h y 0.18 mg C/1/h respectivamente, al comparar estos resultados con los que se obtuvieron, se observó que - en los tres estanques los valores sobrepasaron a los encontrados por el autor, en los estanques sin fertilizar.

La respiración (Fig. 20) de los organismos fitoplanctonicos, que - es el carbono liberado por la población en la botella, presentó un com- portamiento diferente en los tres estanques, en el 4 se obtuvo una media de 0.10 mg C/1/3 h, la máxima lectura se registró en la segunda quincena de junio con 1.16 mg C/1/3 h, se observó una tendencia a disminuir en -- los meses de frío, aunque sólo en dos quincenas se encontraron valores - altos, en febrero y en junio; en el 5 su promedio fue de 0.48 mg C/1/3 h y también se observaron dos picos, el primero en abril en donde se alcan- zó la máxima lectura con 2.25 mg C/1/3 h y el otro en junio, ambos coin- ciden en época de calor; el 6 tuvo una media de 0.31 mg C/1/3 h la máxi- ma lectura se registró en el final del estudio (julio) con 3.75 mg C/1/ 3 h, se observó que en frío se mantuvo una concentración más o menos -- constante y en época de calor los valores se encontraron negativos, esto se presentó hasta junio, en donde los valores crecieron demasiado.

La fotosíntesis neta (Fig. 20), que es el carbono resultante del - excedente de la fotosíntesis bruta sobre la respiración, presentó en -



Los estanques diferentes comportamientos, los cuales se asemejan a los - de la fotosíntesis bruta, en el 4 se obtuvo una media de 0.72 mg C/1/3 h y la máxima concentración se registró en la primera quincena de mayo con 2.06 mg C/1/3 h y se mantuvo oscilando en todo el estudio; en el 5 la me dia fue de 1.34 mg C/1/3 h, la máxima lectura se registró en la segunda quincena de mayo con 6.38 mg C/1/3 h se notó que esta se incrementó tam- bién en la época de calor; y el 6 tuvo una media más baja con 0.06 mg C/ 1/3 h, el registro máximo fue en la segunda quincena de junio con 1.54 - mg C/1/3 h. En la fotosíntesis neta, se observaron dos tendencias, en - época de frío estuvo negativa (noviembre-febrero), en cuanto entró la - época cálida (marzo-junio) se encontraron valores positivos, excepto en julio, en el cual se registró la concentración más baja de los tres es- tanques con -3.0 mg C/1/3 h, ya que en este punto la respiración excedió la cantidad de carbono fijado por la fotosíntesis bruta.

Si se retoma lo citado anteriormente por Imevbore et al.(1970) y Margalef (1983), cuando se refieren a los factores de los cuales depende la productividad primaria, en este estudio no hubiera sido asequible en- contrar las cantidades de carbono fijado o liberado, debido a que es en época de calor, cuando se presentó una alta intensidad luminosa, incre- mentos en la temperatura y altas concentraciones de oxígeno, donde se - dió la mayor productividad primaria, lo cual se contrapone con lo encon- trado por los autores, sin embargo, hay que tomar en cuenta que la con- centración de nutrimentos en el sistema, para este tiempo fue buena, en- tonces, al presentarse las condiciones descritas por los autores, no se presentó el posible decremento en la productividad primaria. Esto es fac tible, por la diferencia existente entre el aumento de energía solar y - de la temperatura, debido al elevado calor específico del agua lo que -- produce una demora en el calentamiento o enfriamiento de ésta, con lo -- cual se desfasa de la energía solar, lo que permite a los nutrimentos re circular en el sistema, los cuales son esenciales para los organismos -- fitoplanctónicos.

Wrobel (1972), hace mención de que el método de oxígeno es poco -

usado en aguas con alta producción primaria, o cuando los contenidos de oxígeno no disminuyen más allá de del 100% de saturación en los ciclos - de 24 h. ya que en esas aguas el contenido de oxígeno en las botellas oscuras es frecuentemente alto al final de la exposición así como al principio. Esto sucede en los periodos de intenso crecimiento de algas, las cuales crecen en grandes colonias, en tales casos, la difusión de oxígeno desde los espacios intercelulares es muy lenta y la cantidad de oxígeno que permanece es mayor que el consumido por los productores. Algo semejante a esto pudo haberse presentado en el estanque 6 en la última fecha de registro, lo que dió como resultado una fotosíntesis neta muy baja.

En general, los tres estanques tuvieron una buena productividad, - sobre todo en época de calor, excepto en algunos puntos en los cuales -- hay resultados que pueden tener error de método por lo antes expuesto.

### 7.3 Crecimiento y rendimiento pesquero de las especies.

#### a) Crecimiento.

##### i) Relaciones longitud-peso de las especies.

Las perspectivas para el análisis de las relaciones longitud-peso, cuando esta refleja el crecimiento de los organismos, están restringidas por el estudio de los efectos modificadores tales como el espacio, -- alimento, clima o los efectos de otros organismos. Para un entendimiento completo de los eventos reflejados en los cambios de crecimiento, deben de considerarse los procesos en los cuales los organismos crecen ( Weatherley, 1972 ).

La producción de peces por unidad de área es una función de la tasa de crecimiento y densidad, dos tipos de factores o procesos que afectan la tasa individual de crecimiento de los peces son:

- a) Aquellos que están relacionados con los peces en sí, como sus - características genéticas y su estado fisiológico.
- b) Los que están relacionados con el medio, entre los más importantes se encuentran:

- i) Composición química del agua y fondo del suelo.
- ii) Temperatura del agua.
- iii) Oxígeno disponible.
- iv) Alimento disponible.

Los factores i) y ii) no son afectados por la presencia de los peces, mientras que los otros dos sí, por lo tanto, su concentración y su efecto sobre ellos serán afectados por la densidad de estos ( Hephher y - Pruginin, 1985 ).

Las relaciones entre la longitud y el peso han sido estudiadas desde el punto de vista biológico. Si son aplicadas propiamente estas relaciones, los resultados obtenidos de este método permiten convertir valores de longitud en peso y viceversa ( Lagler, 1975 ), esto sucede por encontrarse altamente relacionadas la longitud con el peso, si se conoce una de las dos, la otra puede ser calculada ( Everhart, et al., 1976 ).

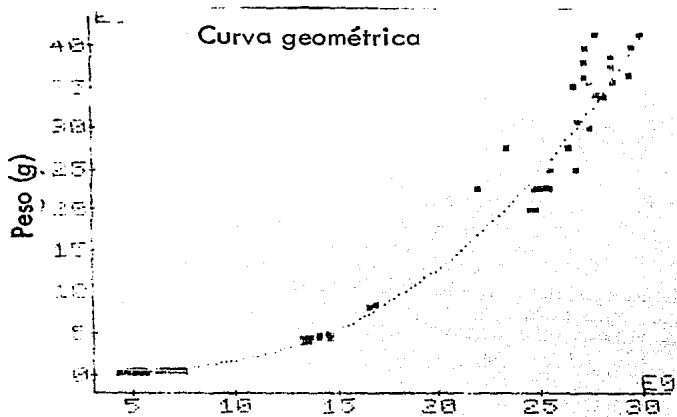
La longitud y el peso son atributos que pueden ser medidos, la primera es más fácil y exactamente medible que la segunda, sin embargo, el peso ha sido utilizado como un criterio de cosecha en muchas pesquerías comerciales y es frecuentemente la forma en la cual ésta es reportada, como el peso de la captura total. Las relaciones de longitud-peso se han presentado de dos formas; una relaciona el crecimiento isométrico, la otra, el alométrico. Todas las partes del cuerpo crecen en la misma razón con el crecimiento isométrico, mientras que con el alométrico se asume que las diferentes partes del cuerpo crecen en razones diferentes ( Ricker, 1975; Everhart, et al., 1976 ).

Como se observa en las figuras 21 y 22, las curvas de crecimiento para las especies del estanque 4, son del tipo potencial, se encontró por el valor de "b" o pendiente de la ecuación general ( $W = a L^b$ ) el cual es cercano a 3, un crecimiento del tipo isométrico (Tabla 4), las especies que tuvieron un mayor crecimiento son la carpa cabezona y la carpa plateada, las cuales tuvieron unas curvas semejantes, ya que al -

Figura 21. Curvas de crecimiento longitud-peso en el estanque 4 de las carpas cabezona y plateada.

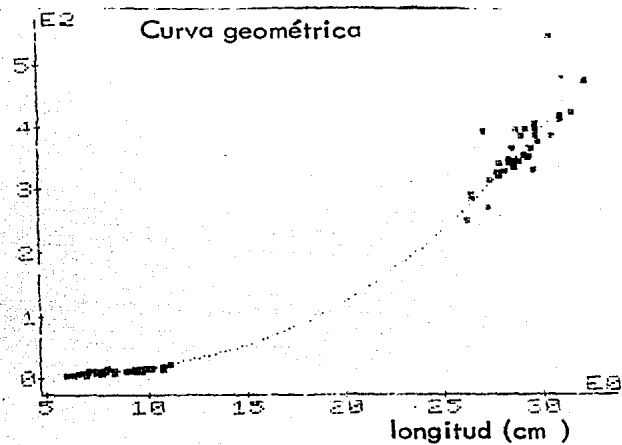
Carpa cabezona

Curva geométrica

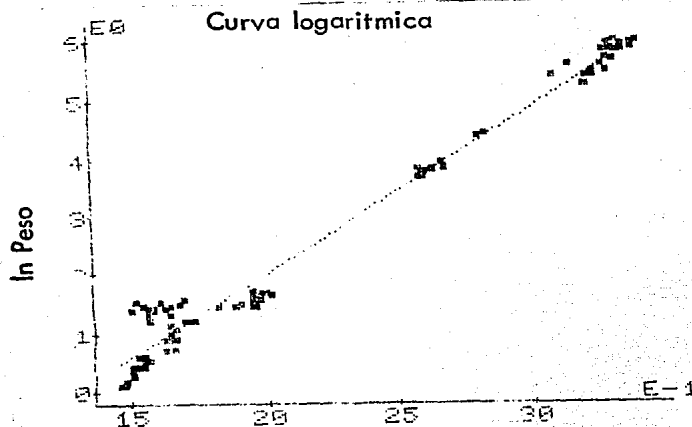


Carpa plateada

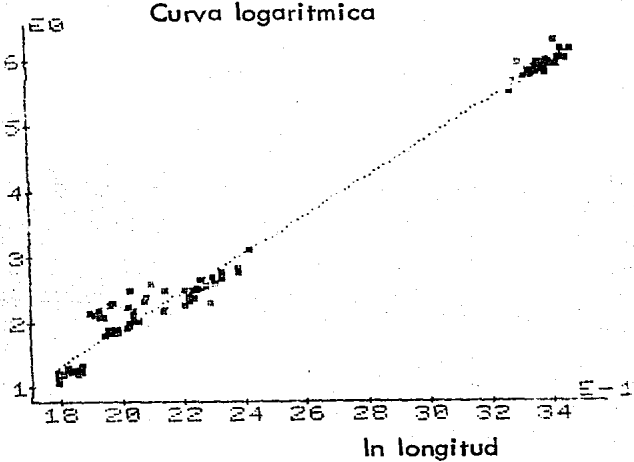
Curva geométrica



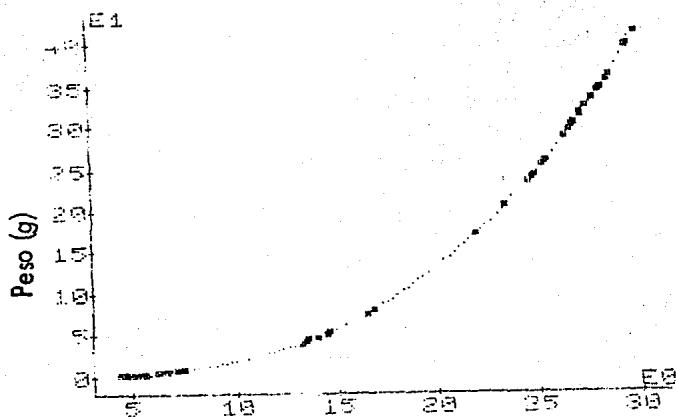
Curva logarítmica



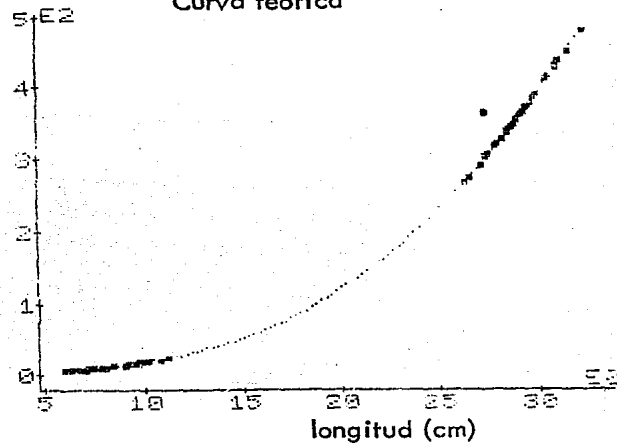
Curva logarítmica



Curva teórica



Curva teórica



E = potencia base diez.

Figura 22. Curvas de crecimiento longitud-peso en el estanque 4 de las carpas herbívora y brema.

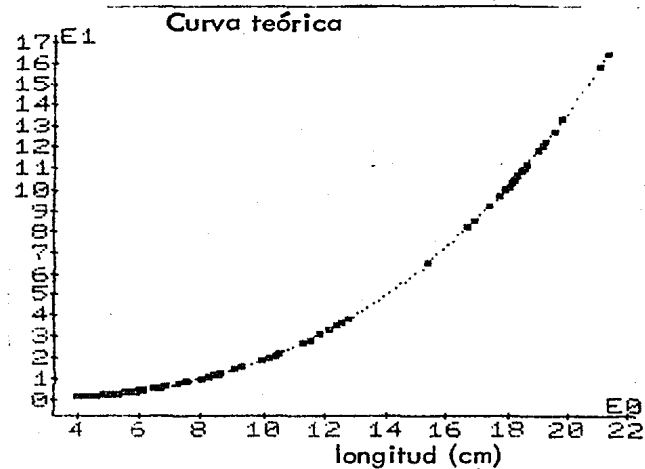
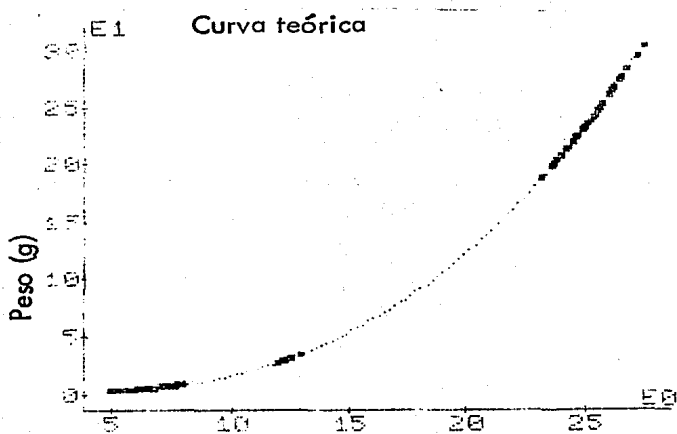
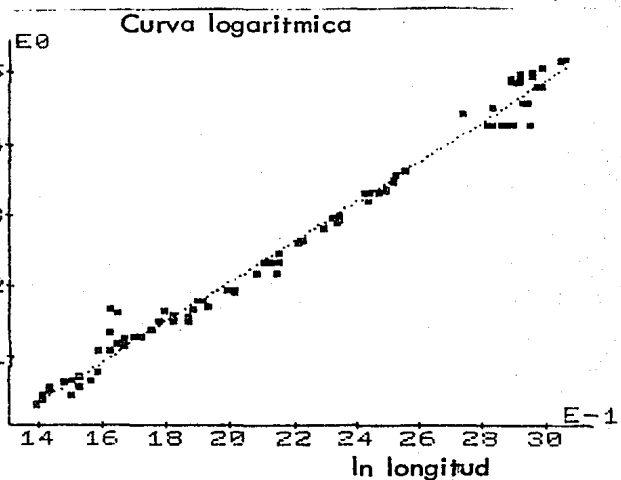
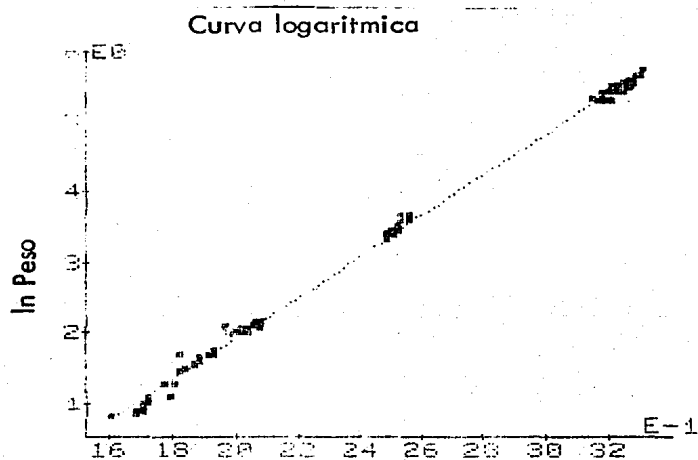
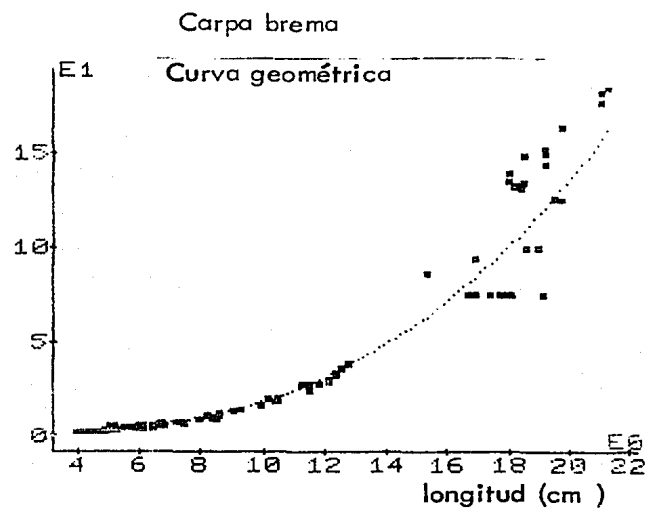
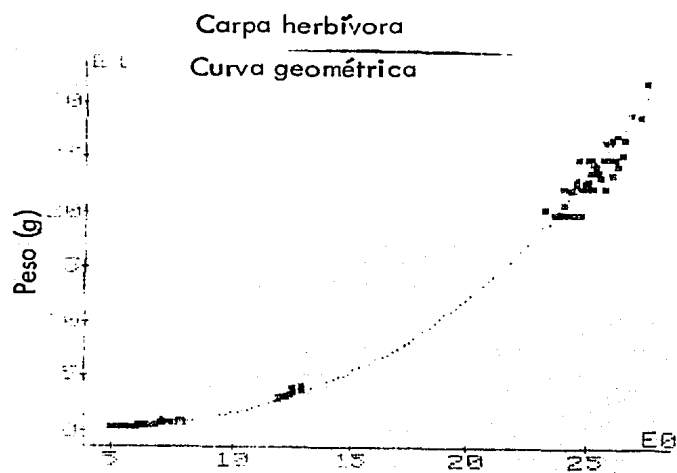


Tabla 4. Resultados de las relaciones longitud-peso, obtenidas en este estudio.

Estanque	Especie	% Introducido	Expresión matemática para el peso teórico	Relación máx. regist.	
				long. (cm)	peso (g)
4	Carpa cabezona	35	$Pt = 0.02472 \times Lf^{2.86}$	30.0	415.9
	Carpa plateada	2	$Pt = 0.02044 \times Lf^{2.90}$	32.2	477.0
	Carpa herbívora	50	$Pt = 0.02004 \times Lf^{2.91}$	27.4	319.6
	Carpa brema	13	$Pt = 0.02705 \times Lf^{2.85}$	21.3	185.7
5	Carpa cabezona	15	$Pt = 0.02128 \times Lf^{2.95}$	42.0	1200.0
	Carpa plateada	2	$Pt = 0.01795 \times Lf^{2.95}$	34.3	690.5
	Carpa espejo	20	$Pt = 0.02380 \times Lf^{3.06}$	37.0	1022.7
	Carpa herbívora	50	$Pt = 0.02128 \times Lf^{2.92}$	22.9	195.5
	Carpa brema	13	$Pt = 0.02352 \times Lf^{2.91}$	21.8	196.8
6	Carpa cabezona	35	$Pt = 0.01657 \times Lf^{2.99}$	35.6	753.2
	Carpa plateada	2	$Pt = 0.01343 \times Lf^{3.05}$	33.0	530.7
	Carpa herbívora	50	$Pt = 0.01304 \times Lf^{3.10}$	30.3	448.6
	Carpa brema	13	$Pt = 0.01608 \times Lf^{3.07}$	21.9	219.3

Pt = Peso teórico , Lf = Longitud furcal

momento de cosechar, los organismos fluctuaron entre los 26-30 cm y 250-400 g para la primera, y 27-31 cm con 350-425 g para la segunda; la carpa herbívora creció un poco menos 24-27 cm y 250-300 g y la carpa brema fue la que menos creció 19-21 cm y 140-160 g. Para el estanque 5 las curvas de crecimiento de las variedades también son del tipo potencial así como su crecimiento es del tipo isométrico, aquí las carpas que más crecieron fueron la carpa cabezona con 36-40 cm y 800-1100 g, la espejo con 20-32 cm y 600-730 g, la plateada con 31-33 cm y 425-500 g, mientras que las dos carpas restantes, la brema y la herbívora, tuvieron un crecimiento muy bajo y semejante con 18-21 cm y 90-140 g (Figs. 23, 24 y 25). En el estanque 6 las carpas también tuvieron curvas de crecimiento del tipo isométrico y potencial, al igual que en los dos estanques anteriores, -- las variedades que mayor talla y peso ganaron son la carpa cabezona con 30-34 cm y 410-600 g y la carpa plateada con 28-30 cm y 375-425 g, mientras que la carpa herbívora obtuvo de 20-25 cm y 150-250 g y la carpa -- brema de 17-19 cm con 110-140 g (Figs. 26 y 27).

Entonces las carpas que alcanzaron un mayor crecimiento fueron la cabezona, plateada y espejo en el estanque 5, sin embargo, también en este mismo estanque las carpas herbívora y brema tuvieron la talla más pequeña, comparada con la que se alcanzó en los estanques 4 y 6. Así -- mismo, el mayor crecimiento específico fue alcanzado por las carpas cabezona y espejo con 1.77 y 1.74 respectivamente en el estanque 5, seguidas en el estanque 4 por la carpa herbívora con 1.63 (Tabla 6).

Por otro lado, Shefler y Reich (1977) encontraron en el Lago Kinneret para la carpa plateada una relación longitud-peso de :

$$W = (0.000025) \times L^{2.89} \quad \text{o} \quad \text{Log } W = -4.6 + 2.89 \text{ Log } L$$

obtuvieron en 1969, después de 27-28 meses de cultivo, un peso de 3.9-6.0 Kg con una longitud de 67.5-88.0 cm. El pez más grande capturado en el lago (con una edad estimada de 49 meses) pesaba 18 Kg y media 104.0 cm. Franco-Romero (1981), encontró en la Presa Encinillas una relación longitud-peso en la carpa herbívora de  $W = (0.0076) \times L^{3.2}$ , obtuvo una producción de 38.65 Kg/Ha/325 días. Jana et al. (1983), encontraron en --

Figura 23. Curvas de crecimiento longitud-peso en el estanque 5 de las carpas cabezona y plateada.

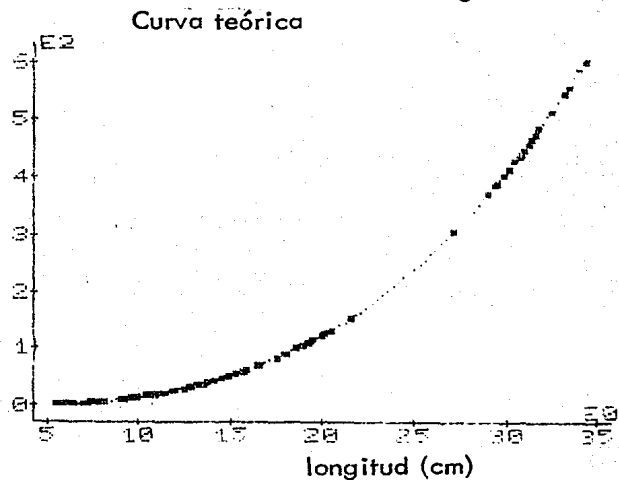
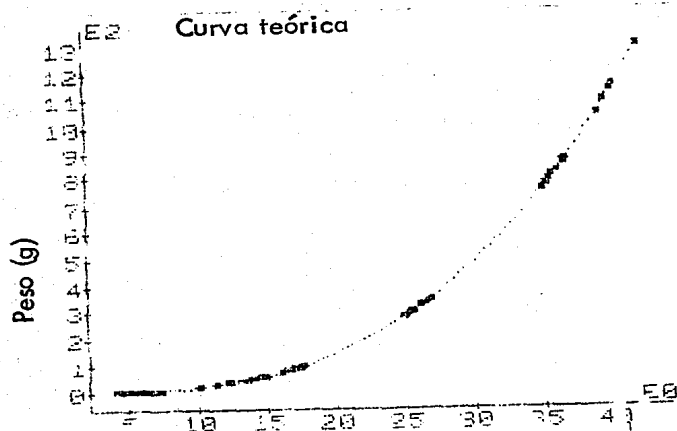
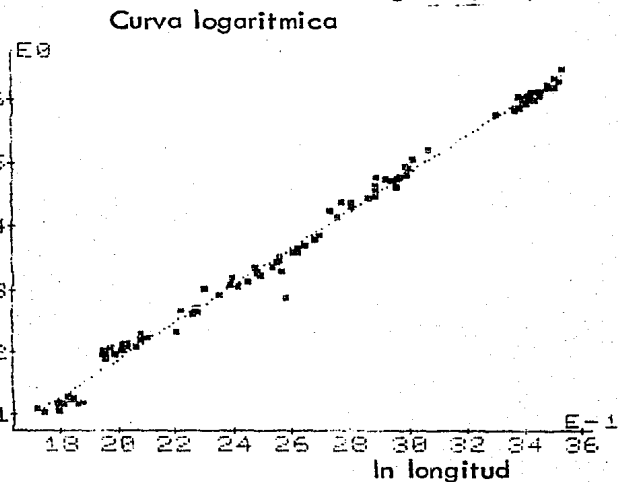
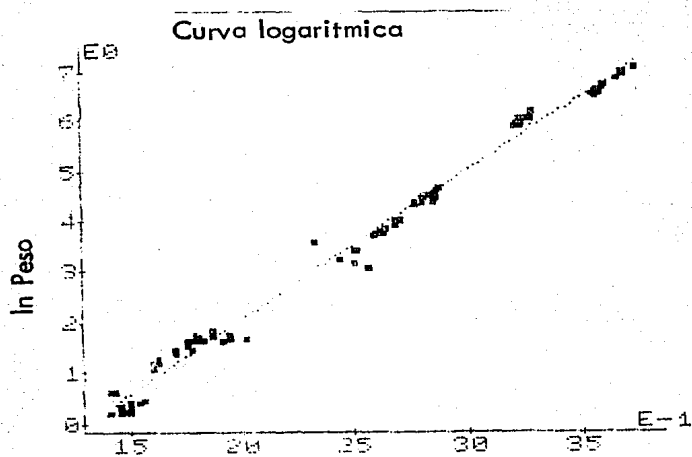
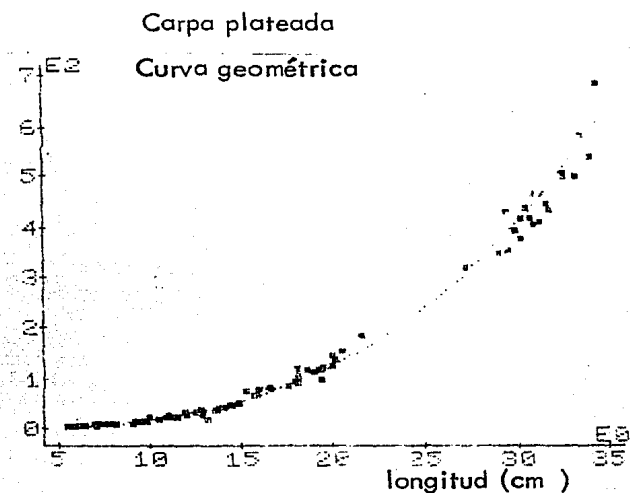
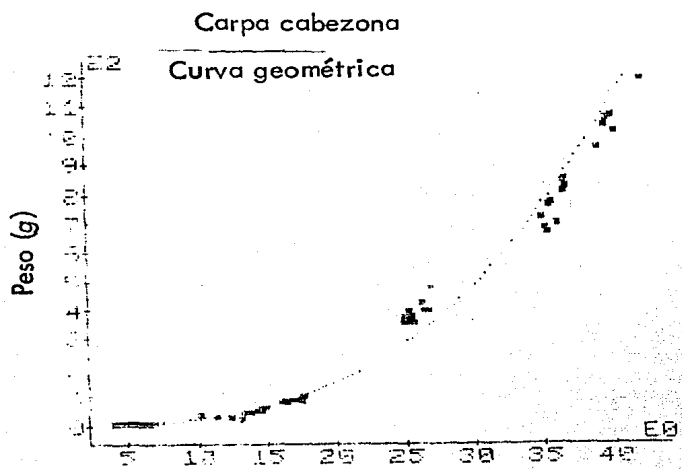




Figura 24. Curva de crecimiento longitud-peso en el estanque 5 de la carpa espejo.

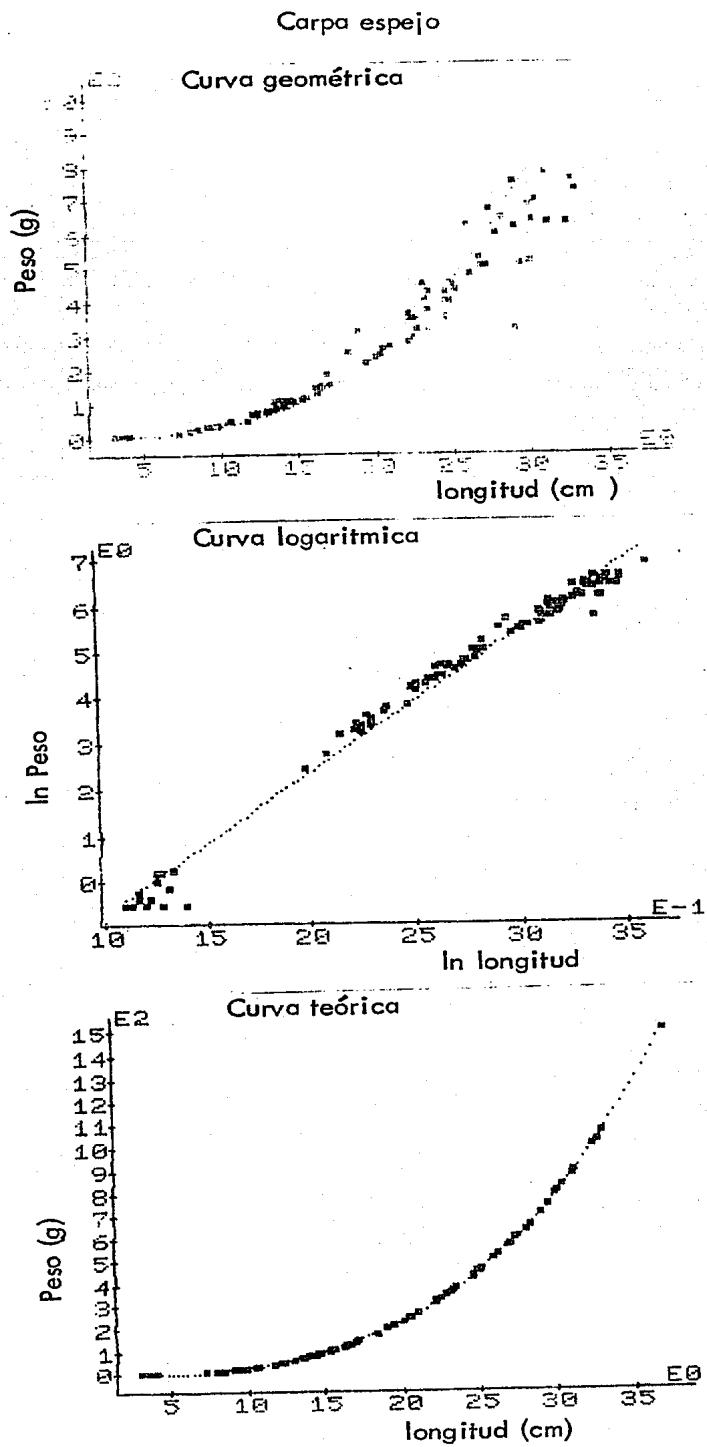
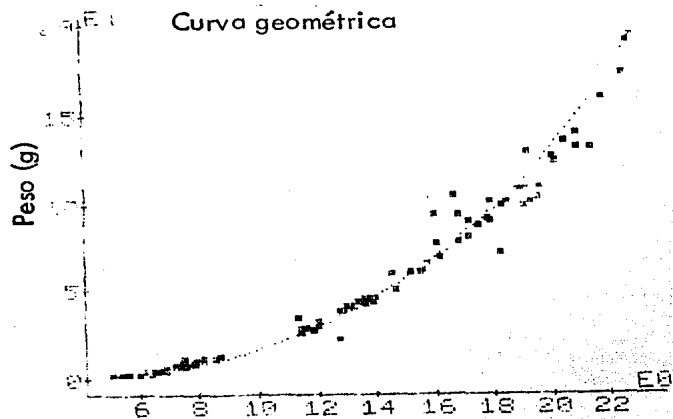


Figura 25. Curvas de crecimiento longitud-peso en el estanque 5 de las carpas herbívora y brema.

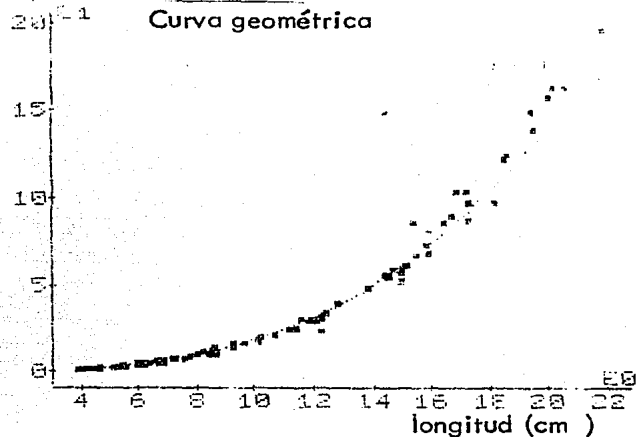
Carpa herbívora

Curva geométrica

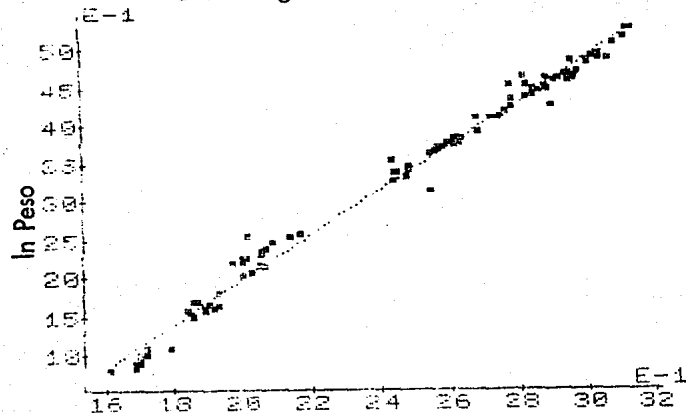


Carpa brema

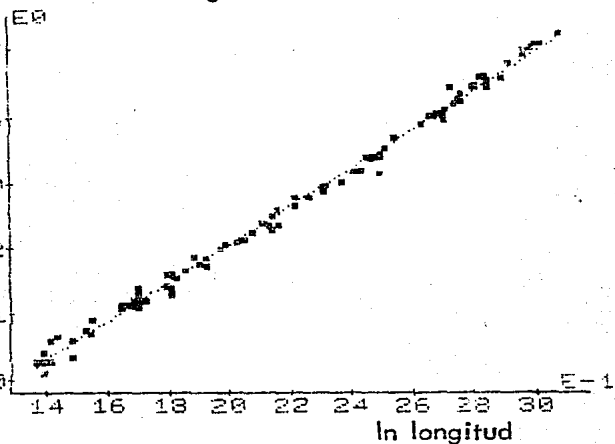
Curva geométrica



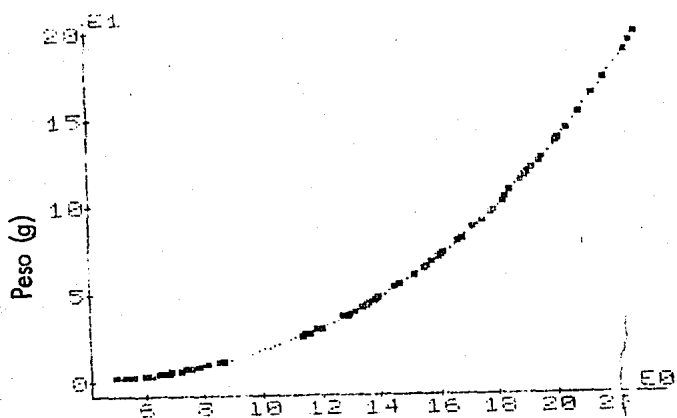
Curva logarítmica



Curva logarítmica



Curva teórica



Curva teórica

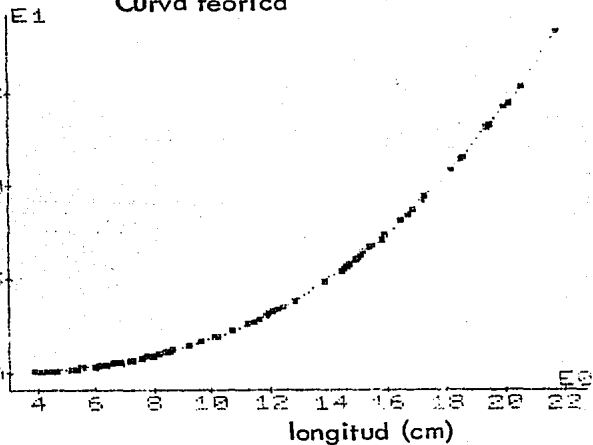


Figura 26. Curvas de crecimiento longitud-*peso* en el estanque 6 de las carpas cabeza y plateada.

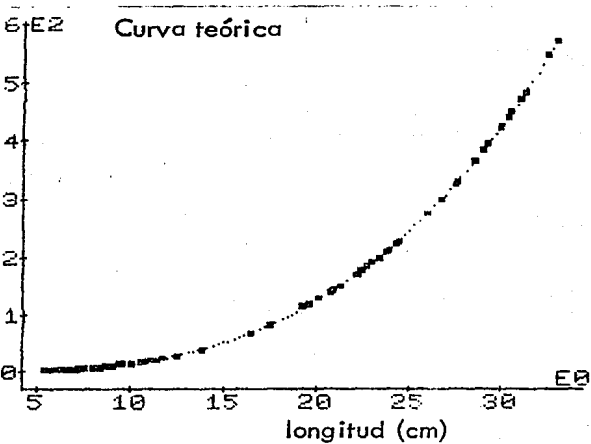
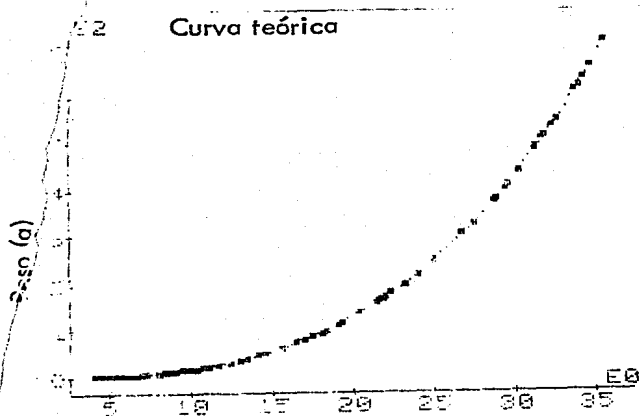
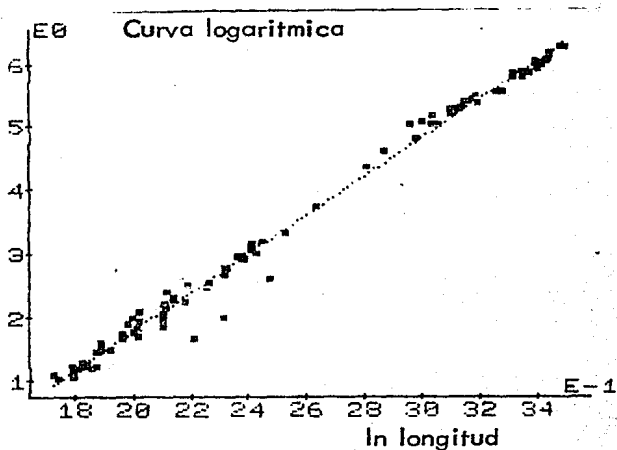
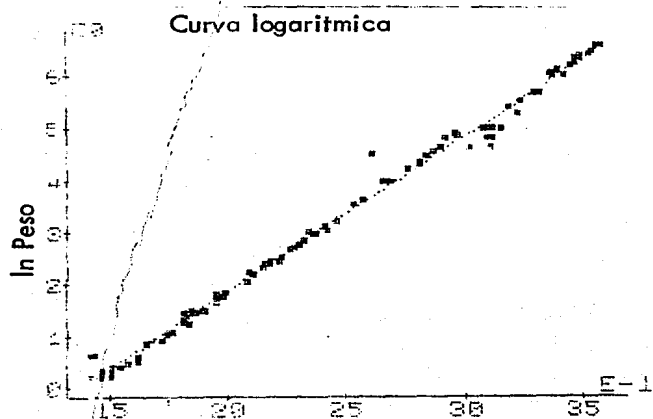
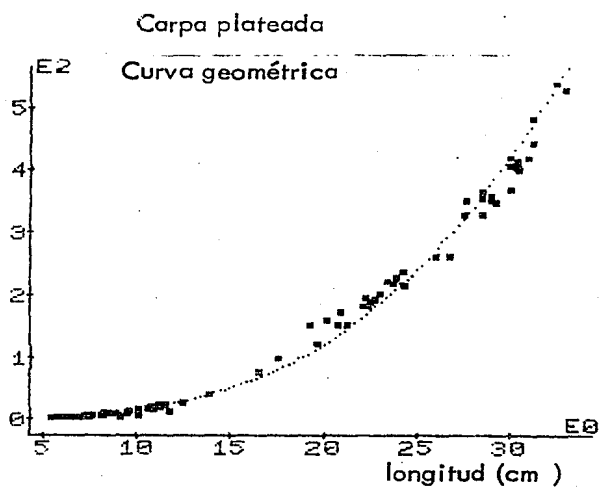
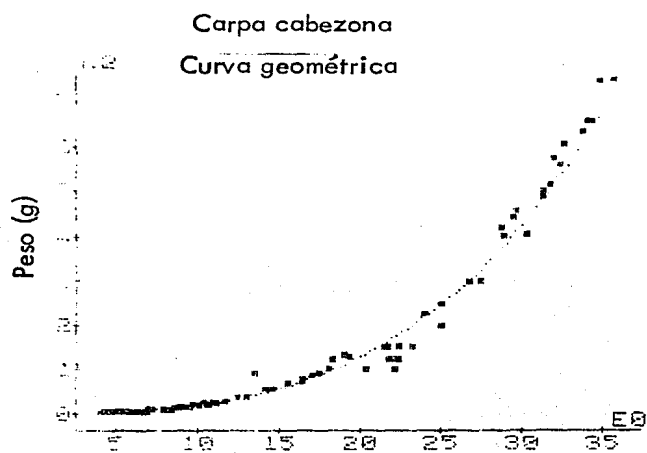
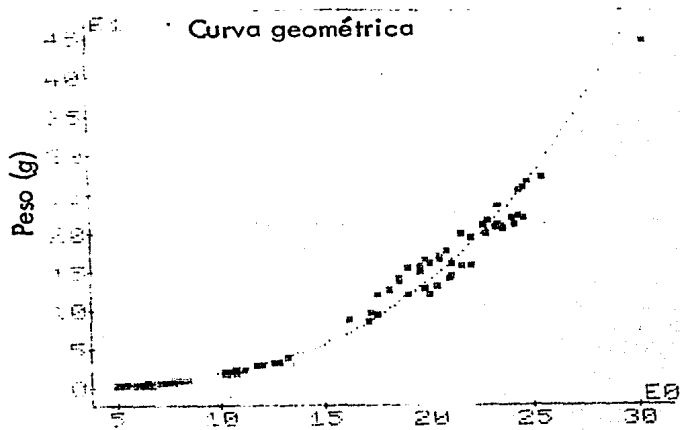
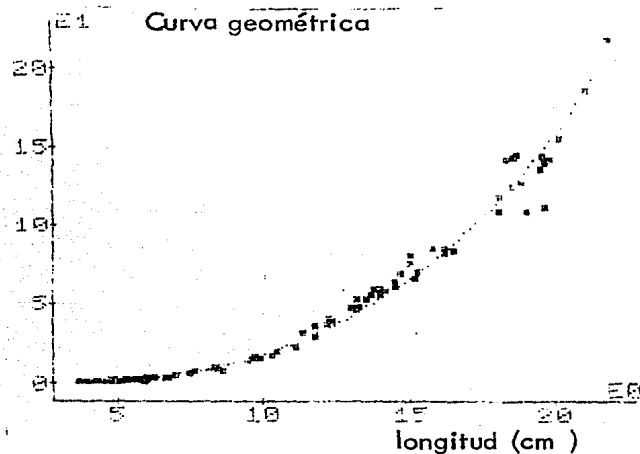


Figura 27. Curvas de crecimiento longitud-peso en el estanque 6 de las carpas herbívora y brema.

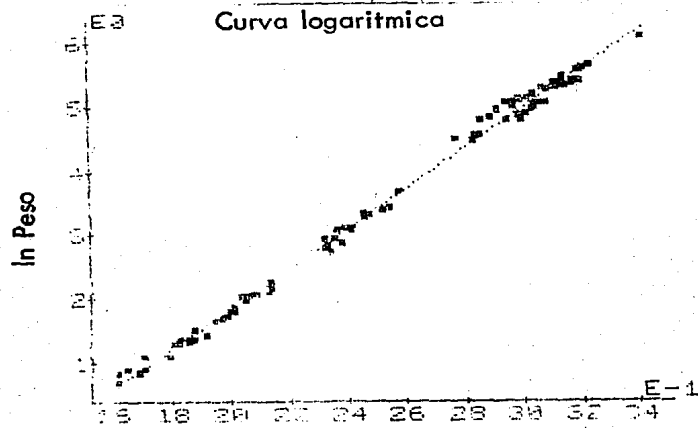
Carpa herbívora



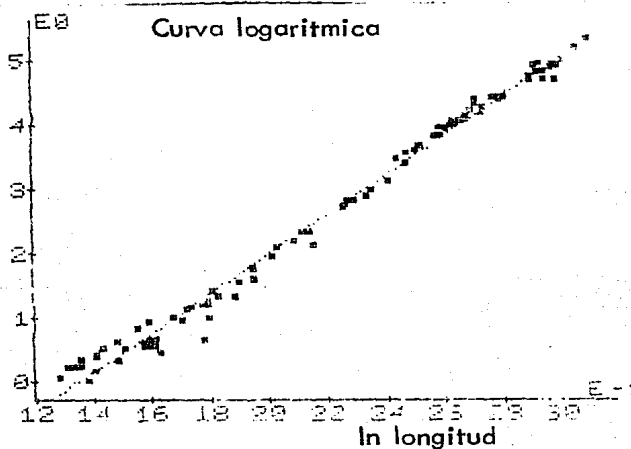
Carpa brema



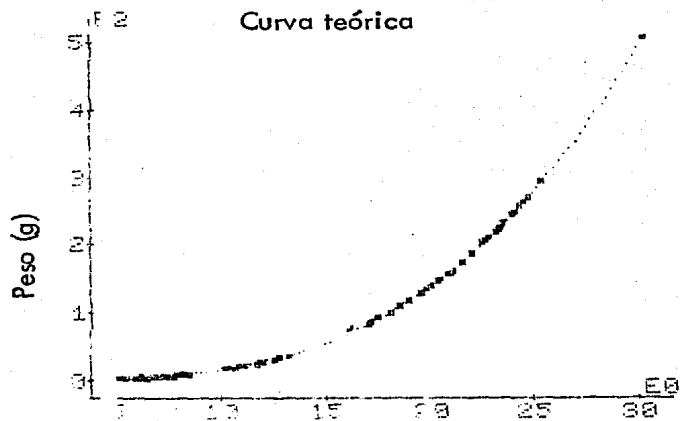
Curva logarítmica



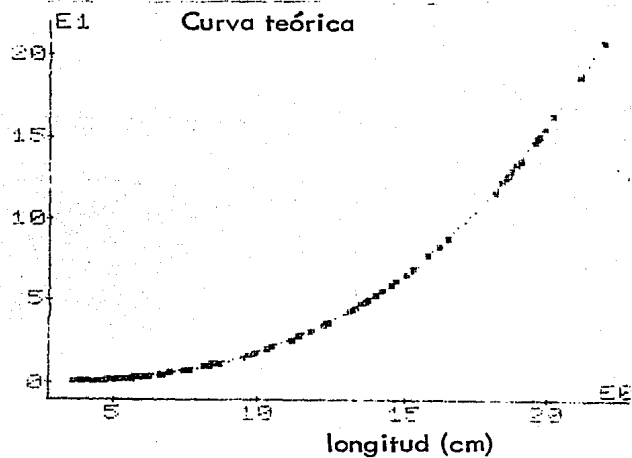
Curva logarítmica



Curva teórica



Curva teórica



un sistema de policultivo, una ganancia neta del peso corporal para la carpa herbívora de 1497.25 g, en la carpa plateada 1404 g y en la carpa común 754.2 g en un año.

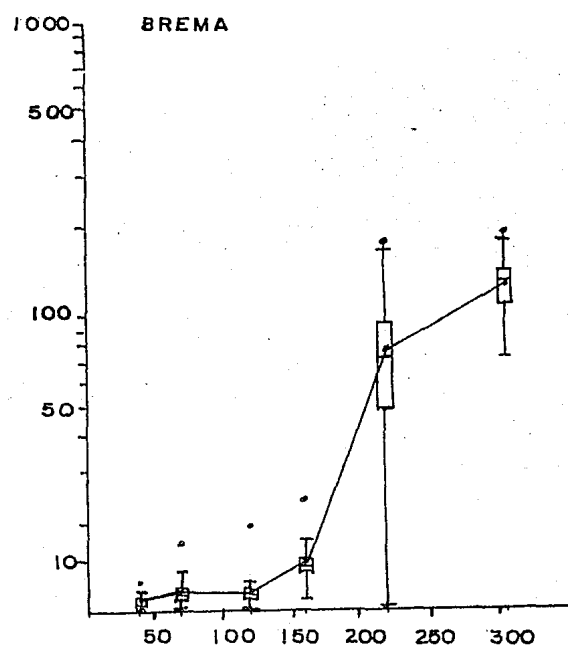
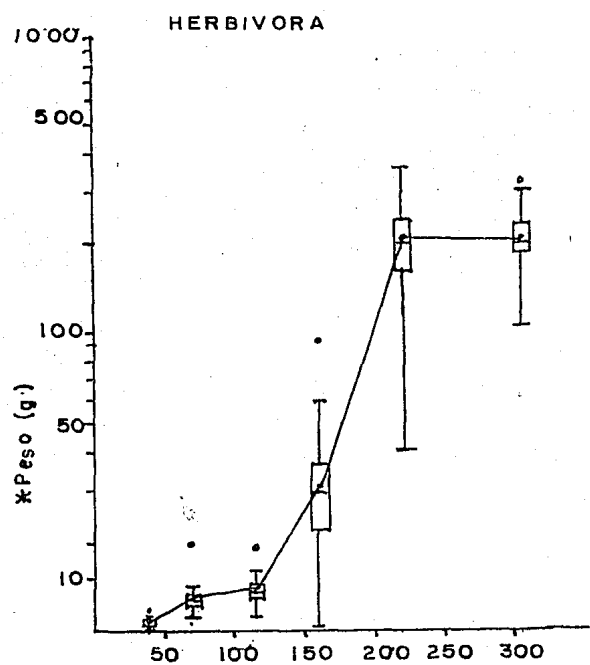
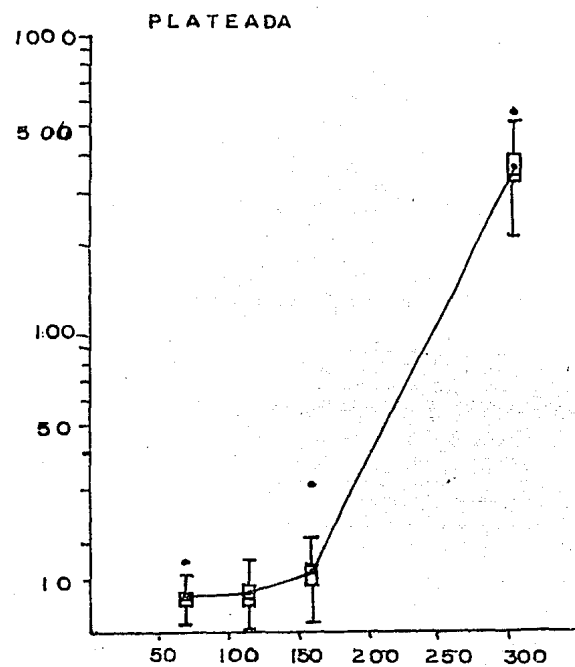
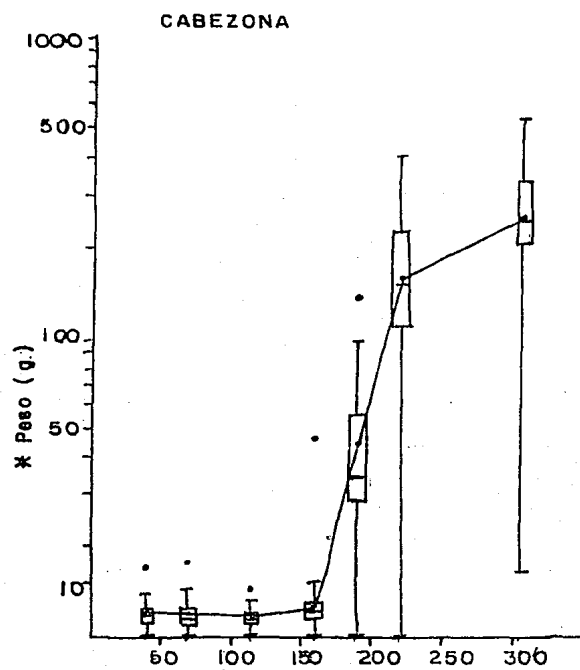
Si se comparan los resultados de este trabajo con los obtenidos por Shefler y Reich (op. cit.), se observa que son, aparentemente, mayores esto últimos, sin embargo, al hacer extrapolaciones en la carpa plateada con la relación de longitud-peso para el estanque 5, se encuentra que para 104 cm de longitud, el peso teórico en el estanque sería de -- 16.007 Kg (ver Tabla 4), el cual es muy semejante al registrado realmente.

#### ii) Curvas de crecimiento con Diagramas de Caja (Box Plot).

Los gráficos para expresar las curvas de crecimiento fueron hechos con los Diagramas de Caja (Box Plot) introducido por Tukey (1977), ya -- que este tiene las ventajas de simplicidad y compactación, así como de -- presentar la dispersión poblacional. En los gráficos realizados, el eje de las ordenadas (Y), tiene escala logarítmica, mientras que en el eje de las abscisas (X), la escala es normal.

Como se puede observar en las figuras 28 a 30, el comportamiento de las especies (excepto para la carpa espejo) fue semejante en los tres estanques. Durante los primeros 160 días de cultivo, que corresponden a la época de invierno, el crecimiento fue mínimo, debido a que las temperaturas encontradas para esas fechas son iguales o menores a 14 °C y como lo ha expresado Szumiec(1966), el peso de la carpa disminuye cuando -- la temperatura durante el tiempo de cultivo es menor de 14 °C, además de que en esta época la productividad primaria fue baja, esto se reflejó en la alta transparencia así como en las grandes concentraciones de nitr-- tos y ortofosfatos, lo cual indicó que las plantas no captaron fósforo, por lo tanto, el resultado de todas estas condiciones fue un crecimiento muy pobre en las carpas; lo contrario sucedió después, cuando la esta-- ción cálida se estableció, alrededor de los 200 días de cultivo (lo que corresponde al mes de abril), la temperatura se incrementó de 14-18 a -- 22-25 °C, el pH se mantuvo entre 8.8-9.0, la concentración de nitritos

Figura 28. Diagramas de Caja de las carpas del estanque 4.



\* Escala LOG.

Tiempo (días)

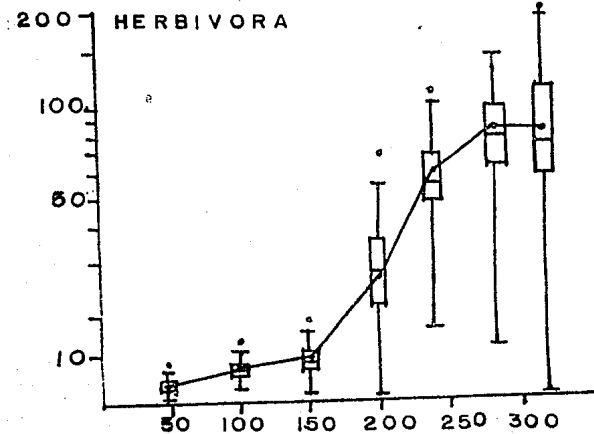
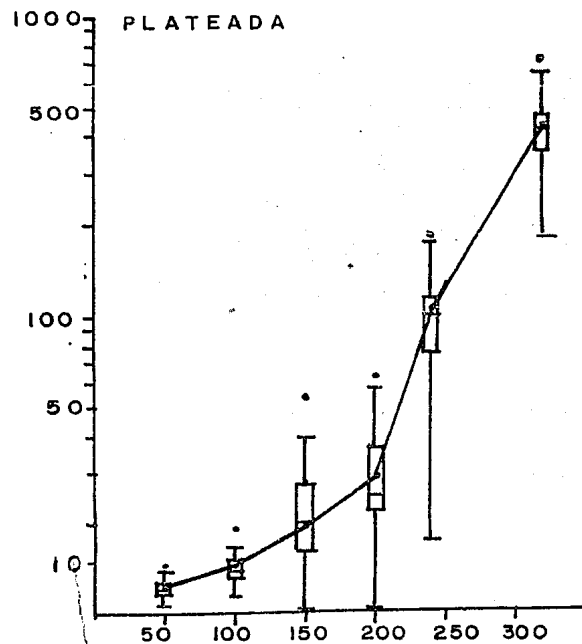
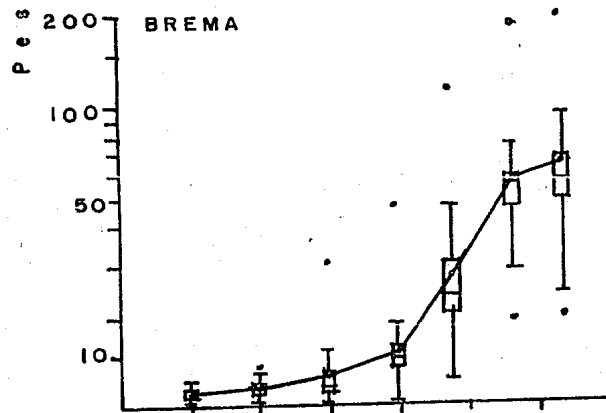
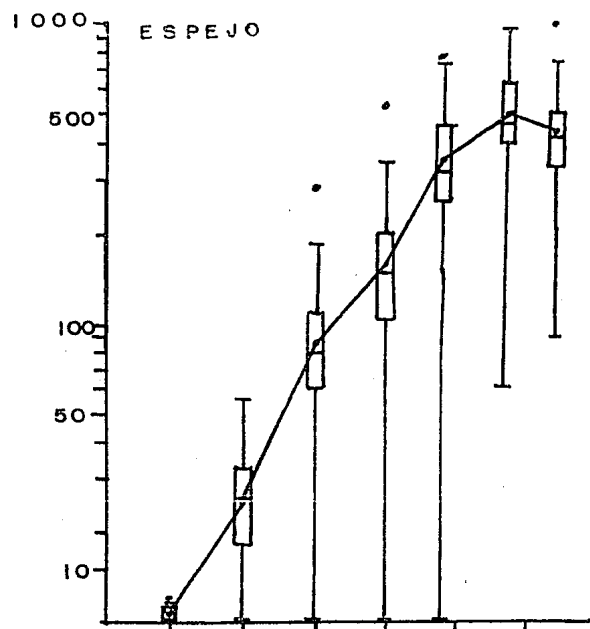
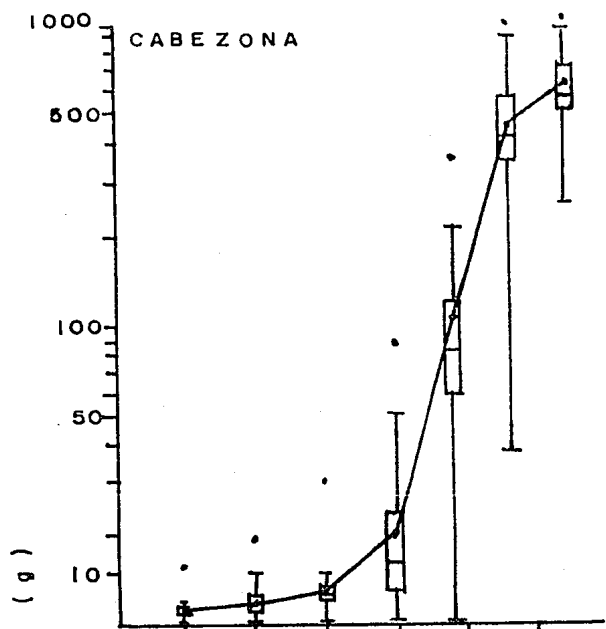
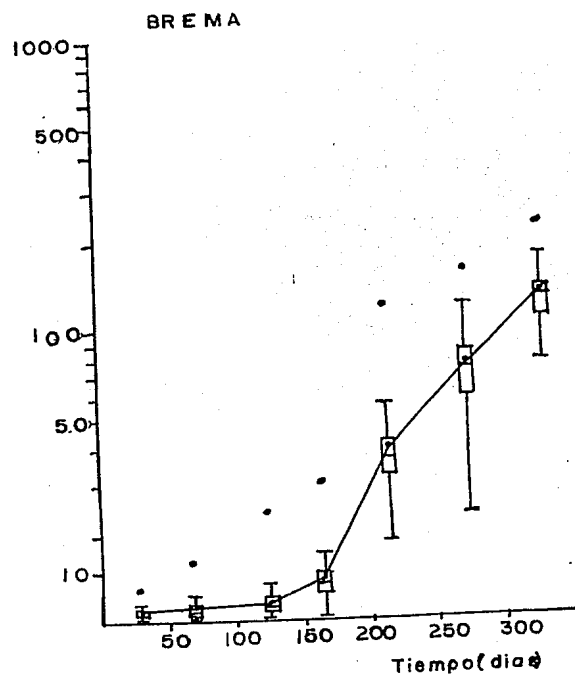
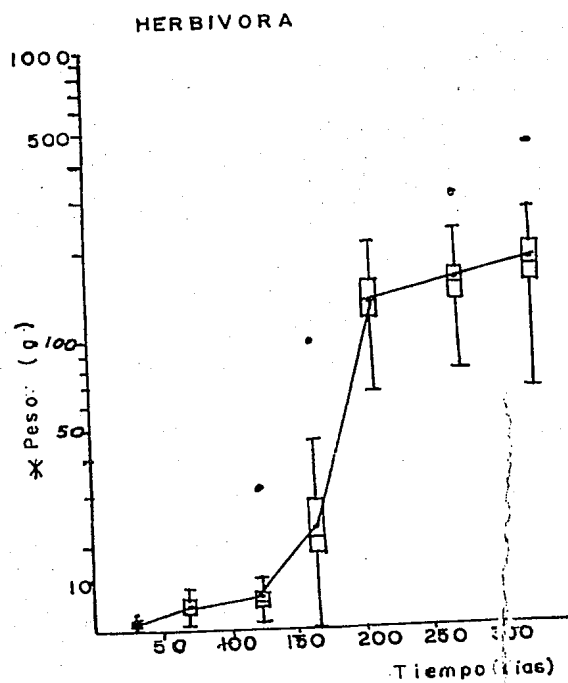
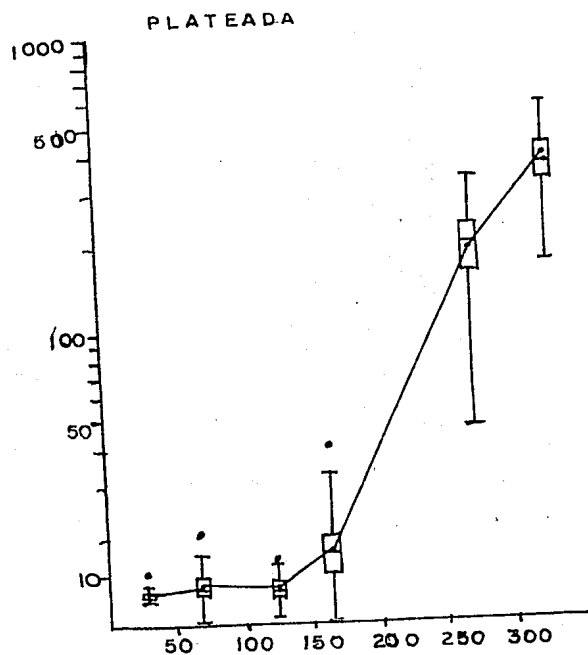
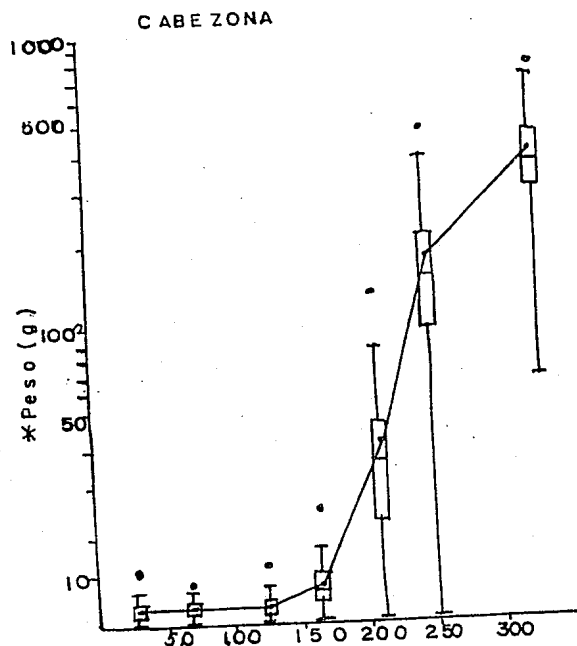


Figura 30. Diagramas de Caja de las carpas del estanque 6.



\* Escala LOG.



Tabla 5. Resultados de los pesos promedio ( $\bar{P}$ ) en gramos.

Especies utilizadas (Nombre científico)	$\bar{P}$ expresado en gramos, en los estanques			Nivel trófico que ocupa.
	4	5	6	
Carpa cabezona ( <u>Aristichthys nobilis</u> )	255	630	390	zooplanctófaga
Carpa plateada ( <u>Hypophthalmichthys molitrix</u> )	360	430	375	fitoplanctófaga
Carpa espejo ( <u>Cyprinus carpio specularis</u> )	-	440	-	omnívora
Carpa herbívora ( <u>Ctenopharyngodon idellus</u> )	205	85	178	herbívora
Carpa brema ( <u>Megalobrama amblycephala</u> )	128	66	130	herbívora

en promedio, se presentó con 0.26 mg/l, la concentración de oxígeno fue mayor de 10 mg/l (100%) y la productividad primaria fue en aumento, con lo cual la transparencia decreció y los ortofosfatos disminuyeron en su concentración, ya sea por absorción de los sedimentos o por la captación de las algas, entonces, a partir del mes de abril, las condiciones presentes en los estanques son las óptimas para los diferentes parámetros físicoquímicos, con lo cual hubo un buen aprovechamiento por parte de los organismos y estos obtuvieron un excelente crecimiento y una alta ganancia en peso. La forma de crecimiento para las variedades fue semejante entre sí, excepto para la carpa espejo (ya que su intervalo óptimo de crecimiento está por debajo de las otras carpas, así como a sus hábitos alimenticios), poco al principio, casi uniforme, luego un gran incremento y después tendió a mantenerse más o menos constante, se puede decir que la curva tiene una forma como de "S". Si se comparan las curvas de crecimiento de cada variedad en los tres estanques, se observan varios detalles interesantes; en los estanques 4 y 6 las carpas fito y zooplanctófagas ganaron más peso que las carpas herbívoras, existió una diferencia entre las medias menor y mayor obtenidas de 260 g (Figs. 28 y 30, ver Tabla 5), mientras que en el estanque 5 la diferencia de pesos promedio entre las carpas planctófagas y las herbívoras fue muy grande, más de 500 g (Fig. 29), esta diferencia pudo deberse a que el alimento, en general, para las carpas herbívoras fue deficiente, pero más en este estanque por su ubicación, ya que la persona encargada de alimentar a los peces en la granja, no tuvo el cuidado necesario para agregar las cantidades suficientes, lo cual no sucedió con las carpas planctófagas, debido a que su alimento es producido en forma natural dentro de los estanques, y como lo han expresado Hopher y Pruginin (1985), cuando está presente en un policultivo la carpa plateada, al alimentarse del fitoplancton, el cual no es digerido en su totalidad, proporciona a través de las heces una cantidad de alimento extra disponible y asimilable para otras especies, las cuales no lo pueden tomar en forma directa. Al comparar los pesos obtenidos en el estudio con los de Jana et al. (1983), se observó que la carpa herbívora no creció lo debido, lo que produjo una baja notable en la cosecha, aún cuando esta especie representó el 50% de

los organismos introducidos, entonces, pueden existir condiciones óptimas en la calidad del agua, pero faltar una parte importante y vital, el alimento.

b) Rendimiento pesquero.

Los índices básicos del policultivo están dados en la Tabla 6. En el estanque 4 fueron introducidos 3 202 peces con una bioamasa inicial - de 8.239 Kg, se obtuvo después de 281 días de cultivo una biomasa final de 595.58 Kg, la cual extrapolada dió un rendimiento de 2 788.28 Kg/Ha. De la biomasa final, el 47% correspondió a la carpa cabezona, seguida - de lacarpa herbívora con un 42%, y el resto a las otras dos variedades. En el estanque 5 el número de peces introducido fue de 2 852, la biomasa inicial fue de 6.475 Kg, la biomasa final que se obtuvo después de 309 - días de cultivo, fue de 558.22 Kg y al hacer la extrapolación se obtuvo un rendimiento de 2 934.9 Kg/Ha. Las mayores aportaciones en la biomasa final fueron de las carpas cabezona y espejo, con un 42 y 38% respectiva - mente, y la carpa herbívora contribuyó únicamente con un 13%, la aporta - ción de las otras dos especies fue mínima. En el estanque 6 se introdujo un total de 2 671 peces, la biomasa inicial fue de 6.874 Kg, la biomasa final que se obtuvo después de 301 días de cultivo fue de 579.02 Kg, el rendimiento extrapolado fue de 3 251 Kg/Ha. La carpa cabezona contribu - yó con un 56% de la biomasa final, mientras que la carpa herbívora re-- presentó el 33% y la parte restante se distribuyó en las otras dos va-- riedades.

En promedio, la mayor supervivencia se presentó en el estanque 6 (86.41%), mientras que en el estanque 5 se encontró la supervivencia -- más baja en el cultivo, ésta correspondió a las carpas herbívora y pla-- teada (52.15 y 64.91% respectivamente). Esto pudo haber sido provocado por un mal manejo durante los muestreos y por la vulnerabilidad o deli-- cadeza misma de la carpa plateada, mientras que con la carpa herbívora pudo haber sido por la falta de alimento y sólo sobrevivieron las más - fuertes.

Tabla 6. Resultados del rendimiento pesquero.

Estanque y días de cultivo	Area (m <sup>2</sup> )	Especies	Número de organismos	Biomasa Inicial (Kg)	Biomasa final (Kg)	Rendimiento (Kg/Ha) (%)	Rendimiento (Kg/Ha/día)	Crecimiento específico	Supervivencia (%)
4 281	2136	c.c.	1120	4.536	281.12	1316.10 (47)	4.68	1.46	99.11
		c.p.	64	0.369	21.51	100.70 (4)	0.35	1.09	92.19
		c.h.	1602	2.578	250.97	1174.95 (42)	4.18	1.63	77.03
		c.b.	416	0.757	41.98	196.53 (7)	0.69	1.33	78.61
		Total	3202	8.230	595.58	2788.28	9.90		85.54
5 309	1902	c.c.	428	0.890	237.06	1246.37 (42)	4.03	1.77	83.09
		c.p.	57	0.249	15.73	82.70 (3)	0.27	0.89	64.91
		c.e.	570	0.690	214.41	1127.28 (38)	3.65	1.75	85.02
		c.h.	1426	3.879	66.13	347.69 (13)	1.12	0.91	52.15
		c.b.	371	0.668	24.89	130.86 (4)	0.42	1.03	100.00
Total	2852	6.376	558.22	2934.90	9.49		73.21		
6 301	1781	c.c.	935	3.787	321.79	1806.81 (56)	6.00	1.47	88.22
		c.p.	53	0.305	19.87	111.57 (3)	0.37	0.99	100.00
		c.h.	1336	2.151	192.54	1081.10 (33)	3.59	1.49	81.22
		c.b.	347	0.631	44.82	251.68 (8)	0.84	1.26	100.00
		Total	2671	6.874	579.02	3251.16	10.80		86.41

c.c. = Carpa cabezona, c.p. = Carpa plateada, c.e. = Carpa espejo, c.h. = Carpa herbívora, c.b. = Carpa brema

Al comparar el rendimiento pesquero que se obtuvo en el estanque 6 con el 5 y 4, se observó que la cosecha en el estanque 6 fue mayor 316.3 Kg/Ha y 1.31 Kg/Ha/día con respecto al 5, a su vez fue mayor 462.88 Kg/Ha y 0.88 Kg/Ha/día con respecto al 4 (Tabla 6). Esto tal vez se debió a la menor mortandad de las especies o la existencia de un florecimiento -algal en el estanque 6, lo que proporcionó una buena base de alimento para la carpa cabezona, que es zooplanctófaga y fue la que mayor contribución tuvo en el rendimiento, como antes se menciono.

Los resultados obtenidos en el estanque 5 pueden ser comparados -- con otros resultados de policultivo. Como se menciono en otro punto, Dimitrov (1984) obtuvo una producción de 6 292 Kg/Ha, con un almacenamiento de 8 000 peces/Ha en la carpa común, 1 500 peces/Ha en la carpa plateada y 200 peces/Ha en la carpa herbívora. La cosecha para 186 días de cultivo fue de 4 774 Kg/Ha en la carpa común, 1 324 Kg/Ha para la carpa plateada y 194 Kg/Ha para la carpa herbívora, la cosecha en Kg/Ha/día -- fue de 25.67, 7.17 y 1.04 respectivamente. Al comparar estos resultados con los obtenidos en éste estanque, se ve una diferencia grande. Sin -- embargo, hay que hacer notar que las condiciones de cultivo son diferentes, por haberse presentado las mortalidades y deficiencias en la alimentación antes mencionadas. Al valorar estos puntos y que ésta es la primera experiencia en policultivo ciprícola en México, considero alentadores y buenos los resultados obtenidos en este estudio.

## VIII. CONCLUSIONES

- 1) En la zona de trabajo, durante el periodo experimental, se presentaron dos estaciones bien delimitadas, de noviembre a marzo las temperaturas fueron bajas y de marzo a julio se observó un incremento en las mismas.
- 2) Los parámetros conservativos se encontraron dentro de los intervalos marcados como óptimos por diferentes autores, el único factor que tuvo influencia directa en el crecimiento de los organismos -- fue la temperatura, con lo cual se corrobora que este factor es limitante. La conductividad se encontró más relacionada con los iones de sodio y potasio, que con la alcalinidad por el tipo de suelo existente en la zona, por esta misma razón, en el sistema se encontraron aguas duras y, por lo tanto, un pH óptimo los cuales coadyuvaron a la existencia de una buena productividad primaria.
- 3) Con el tratamiento utilizado, se encontró que los parámetros no -- conservativos se mantuvieron en excelentes condiciones, dado que -- el oxígeno obtuvo niveles de sobresaturación en la época cálida, -- lo que corrobora que la mayor parte del oxígeno es aportado por -- los organismos del fitoplancton. Los niveles de los nitritos estuvieron abajo de los límites marcados como dañinos para los peces y en aquellos casos en que fueron superiores, no tuvieron repercusión alguna, debido a las altas concentraciones de calcio y magnesio presentes en el medio. Las concentraciones de amonio se mantuvieron dentro de los intervalos óptimos y en aquellas quincenas en que fue sobrepasado, también se encontró una mayor concentración -- de oxígeno disuelto, por lo cual no tuvo influencia negativa en el crecimiento y salud de los peces.
- 4) La productividad primaria obtenida, con este tratamiento experimental y con las condiciones existentes en el medio, fue buena, se -- vio incrementada en los meses que comprenden la estación cálida, --

como un producto del aumento en la temperatura junto con la fertilización diaria, la cual proporcionó, aunado a las condiciones físico-químicas imperantes en el sistema, un buen suministro de nutrimentos al medio, lo que permitió a la biota acuática tener una excelente saturación de oxígeno y abundancia de alimento en estos meses críticos.

- 5) Como consecuencia de una buena productividad primaria y condiciones óptimas en el sistema, las especies que tuvieron un mejor crecimiento fueron las planctófagas.
- 6) La mejor respuesta en este experimento, en lo que se refiere a las relaciones de longitud-peso, la obtuvieron las carpas cabezona y espejo en el estanque 5, con una relación máxima de 42.0 cm - 1 200 g y 37 cm - 1 022.7 g respectivamente.
- 7) El mayor crecimiento, en peso con respecto al tiempo de cultivo, se obtuvo en el estanque 5 para las carpas cabezona, espejo y plateada, debido a la retroalimentación que existió entre las especies planctófagas (carpa cabezona y plateada) con la carpa espejo, ya que esta variedad fue alimentada con los desechos de las primeras y al remover el fondo permitía que los nutrimentos atrapados quedarán libres en el sistema, con lo que se contribuía en la producción primaria.
- 8) La deficiencia en la alimentación para el estanque 5 fue un factor limitante en el crecimiento de la carpa herbívora y carpa brema, ya que en los otros dos estanques, si bien no obtuvieron el mejor crecimiento, tampoco fue tan bajo como el que se presentó en el 5.
- 9) El mayor peso promedio se registró en el estanque 5, para las carpas cabezona, espejo y plateada con 630 g, 440 g y 430 g respectivamente, a su vez, en este estanque fue donde se encontraron los menores valores para las carpas herbívora (85 g) y brema (66 g),

como consecuencia de lo arriba expuesto.

- 10) El rendimiento encontrado en Kg/Ha, bajo estas condiciones de cultivo y con el fertilizante utilizado, fue mejor para la carpa cabezona en los tres estanques, aún cuando esta especie no representó el mayor porcentaje introducido en el sistema, a su vez, el rendimiento en Kg/Ha/día fue mayor en el estanque 6 para la carpa cabezona ya que alcanzó un 6.00, esto viene a corroborar que la productividad primaria producida en el sistema fue buena, por ser esta especie zooplanctófaga.
- 11) La primera experiencia de policultivo obtenida con este sistema -- representa una real alternativa para incrementar los rendimientos pesqueros, en terminos de Kg/Ha; con el uso de las carpas plateada y cabezona como especies principales, y en el caso de tener una -- elevada disponibilidad de desechos de macrofitas, la utilización -- de especies herbívoras, será posible aumentar en un futuro este -- rendimiento.



## IX. RECOMENDACIONES.

Para aquellas personas que estén interesadas en continuar con la - experimentación en esta línea de trabajo, les puede ser útil lo que a - continuación se sugiere:

- Realizar un análisis del suelo, con el fin de saber su composición y así utilizar el fertilizante adecuado, esto también permitirá conocer si es necesario agregar un compuesto básico o ácido para mantener un pH óptimo en el medio.
- Efectuar un análisis de la calidad del agua que se va a utilizar en el llenado de los estanques, con el cual se complementará el análisis del suelo.
- Antes de hacer el llenado de los estanques, es importante llevar a cabo la preparación de los mismos, como se describe en la metodología, ya que permite un mejor manejo de ellos.
- La elección de las especies debe hacerse de acuerdo a las características y condiciones del medio, con el fin de hacer una buena combinación de los organismos, para evitar una competencia entre las especies y un posible desperdicio del alimento en el sistema.
- Después de haber seleccionado las especies a introducir, es recomendable darles un baño de agua con cloruro de sodio con una concentración de 5 g/l, como medida profiláctica. La mejor época para introducir las especies es primavera, ya que hay menos probabilidades de encontrar temperaturas abajo o iguales a 14°C. En caso de que el sitio donde se pretenda hacer el cultivo no tenga este tipo de problemas, se pueden introducir las especies en cualquier temporada del año.

- Es básico el hacer análisis fisicoquímicos de la calidad del agua, por lo menos cada quince días y un ciclo de 24 horas (nictimeral) al mes, con esto se pretende observar los cambios que pudieran -- existir en el medio y así tomar las precauciones necesarias en -- caso de prevenir una dificultad a corto plazo.
  
- Deben realizarse muestreos biométricos de los peces cada uno o dos meses, para observar su crecimiento y calcular la cantidad de alimento que se debe adicionar (en caso de ser necesario), además esto proporciona un conocimiento del estado físico de los peces y -- en caso de observarse alguna enfermedad o síntoma de las mismas, - poder suministrar el medicamento o tratamiento necesario.
  
- Por último, cuando se les suministre alimento complementario, debe procurarse que exista una red fija en un sitio (comederos), para - evitar desperdicios y que éste se disperse por todo el estanque. - La persona encargada de dar el alimento, debe hacerlo en forma sis temática y con las medidas antes calculadas en el muestreo biomé-- trico.

## X. LITERATURA CITADA

Aguilera, H.P. y P. Noriega, 1985. ¿ Que es la acuacultura? Secretaría de Pesca. México, 57 p.

Alabaster, J.S. y R. Lloyd, 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. F.A.O., BUTTERWORTHS, Londres y Boston, 247 p.

American Public Health Association. (APHA), 1971. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. ED. A.P.H.A., A.W. W.A., W.P.C.F. 12th Ed. Nueva York, 847 p.

Arredondo, F.J.L. (en prensa). Criterios para el manejo de la calidad de agua, en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. 335 p.

Arredondo, F.J.L. y J.R. Juárez, 1985. La Granja Integral de Tezon-tepec de Aldama, Hidalgo; un modelo para avanzar hacia el desarrollo rural integral. Rev. Lat. Acui. (24): 31-44.

Avnimelech, Y. y M. Lacher, 1979. A tentative nutrient balance for intensive fish ponds. Bamidgeh. 31(1): 3-8.

Backiel, T. y K. Stegman, 1966. Temperature and yield in carp ponds. In: Pillay, T.V.R. (Ed.) Proceedings of the FAO World Symposium on warm water pond fish culture., 4: 336-342.

Bardach, J.E., J.H. Ryther y W.O. Mearns, 1972. Aquaculture. - Wiley-Interscience. Nueva York, 868 p.

Boyd, C.E., 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Auburn -- Univ. Agr. Exp. Sta. Alabama, 359 p.

Colt, J.E. y D.A. Armstrong, 1981. Nitrogen toxicity to crustaceans,

fish and molluscs. In: Bio-Engineering Symposium for Fish Culture (FCS Publ.1): 34-47.

Dimitrov.M., 1984. Intensive Polyculture of common carp (Cyprinus carpio L.) and herbivorous fish [silver carp, Hypophthalmichthys molitrix (Val.), and grass carp, Ctenopharyngodon idella (Val.)] Aquaculture. 38: 241-253.

Everhart,W.H., A.W. Eipper y W.D. Youngs, 1976. Principles of Fishery Science. Comstock Publishing Associates. Cornell Univ. Press. Ithaca y Londres, 288 p.

Fott,J., 1970. Observations on primary production of phytoplankton - in two fish ponds. In: Kajak,Z. y A. Hillbricht-Ilkowska (Eds.) Productivity Problems of Freshwaters. Proceedings of the IBP-UNESCO Symposium on Productivity Problems of Freshwaters. Kazimierz Dolny, Polonia, may 6-12, 1970: 673-683.

Franco-Romero,S.C. (inérita). Análisis del Crecimiento y Factor de - Condición de la carpa herbívora (Ctenopharyngodon idellus, Cuv. et Val.1839) en un embalse temporal. Tesis profesional. Fac. -- Ciencias. Univ. Nal. Autón. México, 1981. 95 p.

García,E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, U.N.A.M. 246 p.

Hepher,B., 1959. Chemical fluctuations of the water of fertilized - and unfertilized fishponds in a Subtropical climate. Bamidgeh. 11(1): 3-22.

\_\_\_\_\_, 1962. Primary production in fish ponds and its application to fertilization experimental. Limnol. Oceanogr. 7(2): - 131-136.

- Hepher, B. y Y. Pruginin, 1985. Cultivo de peces comerciales. Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Ed. -- Limusa. México, 315 p.
- Imevbore, A.M.A., G. Meszes y Z. Boszormenyi, 1970. The primary productivity of a fish-pond at Ile-Ife, Nigeria. In: Kajak, Z. y A. Hillbricht-Ilkowska (Eds.) Productivity Problems of Freshwaters. Proceedings of the IBP-UNESCO Symposium on Productivity Problems of Freshwaters. Kazimierz Dolny, Polonia, may 6-12, 1970: 715-723.
- Jana, B.B., S.K. Roy y G.N. Patel, 1983. Relationship between the nitrification and denitrification rates and the fish growth in --- fish ponds under polyculture system. Pol. Arch. Hydrobiol. 30(1): 65-68.
- Jeffrey, N.B., 1969. Some aspects of the ecology of fish ponds. Reprinted from-Proceedings. 1969. Fish Farming Conference, October 7-8, 1969. Sponsored by the Texas Agricultural Extension Service and - the Department of Wildlife Science of the College of Agriculture Texas A & M Univ.: 40-42.
- Lagler, K.F., 1975. Freshwater Fishery Biology. WM. C. Brown Co. Publishers. 14th Ed. Dubuque y Iowa, 421 p.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega. España, 1010 p.
- Margalef, R., D. Planas, J. Armengol, A. Vidal, N. Prat, A. Guiset, - J. Toja y M. Estrada., 1976. Limnología de los embalses españoles. Dirección General de Obras Públicas. Publ. n. 123. Ministerio de Obras Públicas. Madrid, 422 p. + tablas.
- Mc Neil, D.R., 1977. Interactive Data Analysis. A Practical Primer: Ed. John Wiley y Sons. Nueva York, 190 p.

- Nie, N.H., C. Hadlai, G.J. Jean, S. Karin y H.B. Dale, 1975. SPSS. - Statistical Package for the Social Science. Ed. Mc Graw-Hill. - Nueva York, 675 p.
- Parker, N.C. y K.B. Davis, 1981. Requeriments of Warmwater Fish, In: Bio-Engineering Symposium for Fish Cutlture (FCS Publ. 1): 21-28.
- Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: - 382 p.
- Shang, Y.C., 1981. Aquaculture Economics: Basic Concepts and Methods of Analysis. Westview Press Inc. Boulder, Colorado, 153 p.
- Shefler, D. y K. Reich, 1977. Growth of silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in Lake Kinneret in 1969-1975. - Bamidgeh. 29(1): 3-16.
- Stickney, R.R., 1979. Principles of warmwater aquaculture. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons. Nueva York, 375 - p.
- Szumiec, A.M., 1976. Hydrometereology in Pond Fish Culture. In: Pillay, T.V.R. y Wm.A. Dill (Eds.) Advances in Aquaculture. Papers presented at FAO Technical Conference on Aquaculture. Fishing - News Books Ltd. Inglaterra, Kyoto, Japan, 26 may-2 june, 1976: 117-119.
- Tukey, J.W., 1977. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Publishing Co., Reading Massachusetts, 688 p.
- Weatherley, A.H., 1972. Growth and Ecology of Fish Populations. Academic Press, Londres y Nueva York, 293 p.

Wetzel, R.G., 1975. Limnology. Ed. W.B. Saunders Co. Filadelfia y -  
Londres, 743 p.

Wetzel, R.G. y G.E. Likens, 1979. Limnological analysis. Ed. W.B. -  
Saunders Co. Filadelfia, 353 p.

Wrobel, S., 1970. Comparison of some methods of determining the primary production of phytoplankton in ponds. In: Kajak, Z. y A. - Hillbricht-Ilkowska (Eds.) Productivity Problems of Freshwaters. Proceedings of the ABP-UNESCO Symposium on Productivity Problems of Freshwaters. Kazimierz Dolny, Polonia, may 6-12, 1970: 733-737.

Yamane, T., 1979. Estadística. Ed. Harper y Row Latinoamericana. México, 771 p.