

7ej
10



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Análisis de la calidad del agua, productividad primaria y crecimiento de la carpa espejo (Cyprinus carpio specularis), en un sistema de Policultivo en relación a tres tipos de fertilizantes

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
JUAN ANGELES ESCOBAR



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. ANTECEDENTES	8
III. OBJETIVOS	13
IV. AREA DE ESTUDIO	14
4.1.- Descripción del área de estudio	14
4.2.- Fuente y calidad del agua	18
V. MATERIALES Y METODOS	22
5.1.- Preparación de la estanquería	22
5.2.- Siembra y registro de datos morfométricos	23
5.3.- Manejo de los estanques	24
5.4.- Fertilización periódica	26
5.5.- Calidad de agua	29
5.6.- Relaciones biométricas	29
5.7.- Análisis general de los datos obtenidos	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	37
6.1.- Análisis de la calidad de agua	38
a) Parámetros conservativos	38
Temperatura	38
Conductividad	43
pH	44
Alcalinidad Total	49
Dureza Total	51
Sodio y Potasio	55
b) Parámetros no conservativos	63
Transparencia	63
Oxígeno Disuelto	68
Nitritos	77
Nitratos	80

Amonio	83
Ortofosfatos	87
6.2.- Productividad Primaria	92
6.3.- Relación peso-longitud y crecimiento	107
6.4.- Rendimiento pesquero potencial	120
VII. CONCLUSIONES	124
VIII. RECOMENDACIONES	130
IX. LITERATURA CITADA	133

RESUMEN

El propósito de este trabajo fué evaluar el crecimiento y rendimiento pesquero de la carpa espejo (Cyprinus carpio specularis), en relación a la calidad de agua y productividad primaria en un sistema de policultivo, don de se aplicaron tres tipos de fertilizantes.

Los estanques de cultivo fueron fertilizados con bioabono fermentado de borrego y de cerdo (estanques 1 y 2), y con urea más fórmula compleja (estanque 5), manteniéndose una proporción del 20% en la población de la carpa espejo. Se tomaron mensualmente muestras representativas de la población de peces y cada quince días los parámetros fisicoquímicos, encontrándose dentro del intervalo aceptable para el crecimiento de este ciprínido.

Respecto a la relación peso-longitud de la carpa espejo, se encontró que esta especie tuvo un crecimiento del tipo isométrico. Y por medio de la ecuación de Von Bertalanffy, se encontraron las siguientes constantes: W_{∞} (472.26 g), K (0.25) y t_0 (1.31), con 861.73 kg/ha cosechados para 1356 crías introducidas y 302 días de crecimiento en el estanque 1 : W_{∞} (448.87 g), K (0.27) y t_0 (1.32), con 984.2 kg/ha cosechados para 900 crías introducidas y 248 días de crecimiento en el estanque 2 y W_{∞} (892.78 g), K (0.108) y t_0 (1.1), con 1127.29 kg/ha cosechados para 570 crías introducidas y 309 días de crecimiento en el estanque 5. Para este modelo de crecimiento, se encontraron diferencias en los tres tratamientos de fertilización, no

ajustandose a las características del crecimiento de los organismos para este tipo de sistema. Debido a la dificultad de ajustar un modelo de crecimiento, se optó por comparar los datos de peso-tiempo por la técnica de Análisis de datos exploratorios de Tukey, indicando la tendencia general del crecimiento en relación al tiempo.

Para el manejo de este tipo de policultivo intensivo, se propone el empleo del bioabono fermentado de cerdo o el abono inorgánico de urea más fórmula compleja, alimento suplementario, además de mantener una densidad de 1.5 organismos por metro cuadrado.

I. INTRODUCCION

Muchos países producen una gran variedad de peces a través de la acuicultura. En orden de importancia en lo que respecta a su rendimiento pesquero, se encuentran: China, India, Rusia, Japón, Indonesia, Filipinas y Taiwan. El éxito logrado, se debe a que la producción de peces está asociada a un sistema general de producción agrícola, que se fundamenta en la recirculación de los subproductos que se obtienen de los distintos cultivos que se manejan, como son: hortalizas, cerdos, patos y otros (Shang, 1981). De esta manera, la acuicultura de organismos de importancia comercial, se practica como una operación ya sea de primera importancia dentro del sistema general de producción o como una actividad complementaria del mismo (Juárez, 1979).

Dentro de las técnicas desarrolladas en la acuicultura, el policultivo es una práctica que se ha venido realizando desde hace muchos años en diversos países del mundo, como es el caso de China Continental, que ha hecho de esta técnica una de las más productivas, utilizando -- principalmente diversas especies de carpas. Los ciprínidos cultivados en este sistema pueden dividirse, de acuerdo a su hábitat, en peces de superficie, mitad de la columna de agua y de fondo; las carpas con hábitos alimenticios planc tónicos (carpas plateada y cabezona) habitan los niveles superficiales de los cuerpos de agua; las especies que ocu

pan la mitad de la columna de agua son principalmente herbívoras (carpas herbívora y brema), y los moradores del fondo incluyen peces que se alimentan de organismos que están enterrados en los lodos, bentos y de los detritus (carpas común y espejo). Con estas diferentes especies en el estanque, todos los recursos alimenticios de los distintos niveles correspondientes a la columna de agua, son utilizados en su totalidad; además se reducen las relaciones intra o interespecíficas, de tal manera, que es posible cultivar en conjunto hasta 12 especies, por lo que el rendimiento de las carpas en policultivo es mayor que el logro por las mismas especies cultivadas por separado en sistemas de monocultivo (Yashouv, 1971).

La producción de alimentos en Latinoamérica, se encuentra encaminada hacia la utilización de todo tipo de recursos naturales. Los desperdicios animales y vegetales que resultan de las actividades agropecuarias y los subproductos derivados de granjas y agroindustrias, son algunas de las fuentes principales. Las excretas animales, tienen una serie de cualidades de alto valor nutritivo, debido al contenido de proteínas y aminoácidos; estos desechos, al ponerse en biodigestores bajo condiciones anaeróbicas, producen un bioabono con un alto contenido de nutrimentos, los cuales propician incremento en la productividad primaria en los cuerpos de agua.

Los desperdicios han sido procesados y utilizados durante siglos para incrementar la producción en estanques

piscícolas y su uso no ha sido solamente como recurso de nutrimentos, sino también como fuente de alimento directo. Las prácticas tradicionales para la fertilización de estanques, han sido realizadas en forma empírica y no se ha encontrado una metodología estandar. Sin embargo, la utilización de desperdicios animales para la fertilización de estanques continúa incrementandose notablemente.

En estos momentos, en los que el país atraviesa por una aguda crisis económica, la piscicultura inmersa en un sistema general de producción agrícola, se perfila como una alternativa para generar alimentos baratos de origen animal para el consumo humano, sobre todo para las poblaciones rurales de la República Mexicana.

Hoy en día, el Gobierno Mexicano cuenta con 53 centros productores de alevines y crías de distintas especies, y se han construido seis granjas de carácter comercial para el desarrollo preferente de la piscicultura, esto sin considerar a los centros de producción que maneja la iniciativa privada.

A pesar de que no existen cifras exactas del rendimiento piscícola, es posible considerar que en los próximos años, se incremente el uso y la aplicación de esta tecnología, ya que algunas especies que componen la piscicultura mexicana se manejan en forma adecuada; entre todas

ellas se encuentran a la carpa común (con sus distintas variedades), las carpas chinas, tilapias, trucha arco iris, lobina negra, bagre de canal, langostino, y algunos ciprínidos y aterínidos mexicanos. (Arredondo, inédito).

En general, en México, a las carpas no se les ha dado la importancia que deben tener como fuente de alimentación; ya que han sido manejadas sólo como un elemento de repoblación. No obstante, este grupo de organismos poseen cualidades que deben ser explotadas, prin cipalmente a través del cultivo intensivo.

México cuenta con la mayoría de las especies básicas que componen el policultivo chino y cuyas crías han sido obtenidas por medio de inducción hormonal en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, estado de Hidalgo; estas especies son la carpa herbívora, cabezona, plateada, brema, espejo y recientemente también la carpa negra.

Es por esta razón que en 1982 se inició un programa de investigación, para estudiar las posibilidades de aplicar el policultivo tipo chino en estanques semirústicos y adecuarlo a las condiciones regionales del país. El proyecto se realizó en el Instituto de Biología de la UNAM, en el Laboratorio de Limnología y Piscicultura y con el apoyo de las instalaciones de la De-

legación Federal de Pesca del Estado de Hidalgo.

Como parte de este programa, que se desarrolló en forma conjunta con la Secretaría de Pesca, se estudió el papel que representó el cultivo de la carpa común variedad israelita, en un sistema de policultivo a partir de tres tipos de fertilizantes, con el objeto de precisar su importancia y su rendimiento con respecto algunos aspectos limnológicos relacionados en el cultivo.

II. ANTECEDENTES

El cultivo de peces comestibles en depósitos de agua más o menos controlados por el hombre, ha sido una práctica antigua que se originó en los países asiáticos. La piscicultura rudimentaria tuvo etapas de gran desarrollo en China y otros países asiáticos, en donde todavía es un renglón agrícola económico muy apreciable, y a través de siglos de experiencia se ha llegado a convertir en una zootecnia con prácticas propias (Obregón, 1958).

Los registros más antiguos del cultivo de peces se encuentran en China, los cuales datan del siglo XI a. C., con esta herencia el pueblo Chino ha avanzado considerablemente en el desarrollo de esta biotecnia.

La piscicultura practicada en la República Popular China se divide en dos tipos: El cultivo en estanques y el cultivo en lagos y embalses. El primer tipo de cultivo es el más importante, caracterizandose por desarrollar cultivos intensivos en estanques diseñados exclusivamente para este fin. La particularidad de todos los cultivos -- controlados estriba en el aprovechamiento de los diferentes niveles tróficos de los ecosistemas, llevando a cabo -- por el método conocido como policultivo (Juárez, 1979).

Otro país que ha sido importante en el desarrollo de la piscicultura es Israel, donde el cultivo de pe-

ces se iniciara en el año de 1939. En un principio, la -
carpa común fué la única especie importante que soportó -
la industria bajo un sistema de monocultivo. Con el paso
del tiempo, otras especies fueron introducidas, con lo -
cual ahora el cultivo de peces en Israel es llevado prin-
cipalmente por un sistema de policultivo, basado en seis
especies: Carpa común, carpa plateada, carpa herbívora, -
carpa espejo, tilapia y algunos Mugilidos (Tal y Siv, --
1978).

El éxito logrado en el cultivo de peces en es-
tanques, por países como China, Israel, India, Japón y o-
tros, radica en el hecho de que la piscicultura ha sido -
asociada al sistema general de producción agrícola. De es-
ta forma, la piscicultura en estanques se practica como u
na operación de primera importancia en la escala producti-
va o como una actividad complementaria e integrante del -
sistema agrícola (Juárez, op.cit.).

La idea del cultivo de varias especies de peces,
fué derivada originalmente del concepto filosófico chino
de la armonía. Los piscicultores chinos, por experiencia
de generaciones, han manejado de tal manera sus estanques,
que los peces que siebran no compiten por el alimento dis-
ponible ni con otras especies dentro del sistema. Esta -
condición de balance entre los peces y el alimento dispo-
nible, es el principio del sistema chino en el manejo de
estanques (Tang, 1970. Véase: Pretto, 1963). Este sistema -

de piscicultura es el más antiguo y quizás la forma más avanzada en lo que a prácticas de policultivo se refiere.

El cultivo de Carpas Asiáticas en México, tuvo su principio a finales del siglo XIX, iniciándose con la introducción de las primeras especies; la carpa común -- (Cyprinus carpio), y la japonesa (Carassius auratus), que fueron importadas directamente de Europa.

Posteriormente, otras introducciones de las mismas especies fueron realizadas por el Gobierno de México, en la década de los setentas con el objeto de proveer una base de proteína de origen animal a las poblaciones rurales, así como proporcionar fuentes de trabajo derivadas de su manejo y dispersión, originándose así la formación de pesquerías importantes en los cuerpos de agua naturales y artificiales del país.

Desde el momento en que estos organismos se -- adaptaron a las condiciones de los lagos y embalses, pasaron a formar parte de la dieta de los mexicanos y actualmente, un siglo después de su llegada, su consumo es ya tradicional, sobre todo en la Peseña Central de México, -- donde ya se les conoce como especies nativas.

En un principio, el manejo de estas especies -- fué relativamente fácil por su gran adaptabilidad a los sistemas rústicos de cultivo, además de no presentar pro-

blemas para su reproducción. Debido a ello, fueron dispersadas ampliamente en numerosos cuerpos de agua por los primeros centros piscícolas que funcionaron en México, como el de Zacatepec, Mor.; Jaral de Berrio, Gto.; Antúnez, Mich.; Canatlán, Dgo.; Pátzcuaro, Mich.; El Peaje, S.L.P. (Obregón, 1961).

En 1956, con la llegada a México de la carpa espejo o Israel (Cyprinus carpio specularis), se inició una piscicultura más formal. Esta especie fué reclutada en la estación piscícola de Zacatepec, Mor., lugar en donde se reprodujo y fué diseminada a otros sitios.

Los resultados han demostrado a través del tiempo, que la carpa espejo posee un alto grado de adaptación y un índice de reproducción elevado, por lo que se considera una especie de fácil manejo en los sistemas de cultivo extensivo e intensivo.

En 1965, se trajeron al centro de reproducción piscícola de Tezontepec de Aldama en el Estado de Hidalgo, las primeras carpas chinas: la carpa herbívora (Ctenopharyngodon idellus), la plateada (Hypophthalmichthys molitrix) y la barrigona (Cyprinus carpio rubrofuscus). A partir de este momento, se marca el inicio de la formación de una base que tiende a culminar en la implantación del policultivo chino en nuestro país (Arreondo, inédito).

La carpa de Israel, ha sido una de las especies más esparcida e inducida de todas. Los resultados de aclimatación en México han sido positivos, al grado de que, - en algunas presas y criaderos se han establecido importantes pesquerías. Obregón (1958), ubica a la carpa espejo - en criaderos como los de Zacatepec, Mor.; Antúnez, Mich.; Jaral de Berrio, Gto.; Ingenio el Mante, Tamps.; Tlacolula, Oax.; Aldama, Chih.; Acambay, Méx.; San Juan Teotihuacán, Méx..

Ramírez (1964), la ubica en las cuencas más importantes del país, como en los Ríos Bravo, Pánuco, Balsas, Yaqui y otros. Se puede capturar en Chapala, Jal., Yuriria, Valsequillo, Pue., y Tepuxtepec, Mich.. Minckley (1969), señala su posible presencia en el Río Mezquites y estanques del estado de Coahuila.

Según datos obtenidos de la Secretaría de Pesca, existen fuertes pesquerías de carpa espejo en las presas siguientes: La Boquilla, Chih., con una producción anual estimada en 95 toneladas; Venustiano Carranza, Coah.; Infiernillo, Mich., con una producción anual de 174 toneladas; Marte R. Gómez y Falcón Internacional, Tamps., esta última con una producción de 42 toneladas anuales (Arredondo, 1983).

III. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio, fué evaluar el crecimiento y rendimiento pesquero de la carpa espejo - (Cyprinus carpio specularis), en relación a la calidad de agua y productividad primaria en un sistema de policultivo, donde se aplicaron tres tipos de fertilizantes.

Los objetivos particulares fueron:

- a) Evaluar la calidad de agua en un sistema de policultivo, en el que se experimento con -- tres tipos de fertilizantes.
- b) Estimar la productividad primaria, producto - de la fertilización del sistema de cultivo.
- c) Analizar el crecimiento en peso de la carpa - espejo (Cyprinus carpio specularis), para cada uno de los tratamientos de fertilización.
- d) Calcular el rendimiento pesquero de la carpa espejo, en relación con las demás especies - incluidas en el policultivo (desarrollado sin alimento suplementario).

IV. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

La Granja Integral de Policultivo, se encuentra localizada en el Ejido de Santiago Acayutlán, en el Municipio de Tezontepec de Aldama, Estado de Hidalgo. Sus coordenadas geográficas son $20^{\circ} 03'$ de latitud norte y $99^{\circ} 17'$ de longitud oeste, a una altura media de 1960 msnm (Fig. 1).

4.1. Descripción del área de estudio

Se presenta la información general en la Tabla 1.

El área total de la Granja es de 7 Ha., las cuales están distribuidas de la siguiente manera: 2 Has. de estancuería (9 estanques), 2 Has. de hortalizas, 1/2 Ha. para la crianza de cerdos, 1/2 Ha. para apicultura y árboles frutales, 1 Ha. de veredas y jardinería y 1 Ha. para oficinas administrativas, casas habitación, albergue, bodega, estacionamiento y planta procesadora de alimentos (Fig. 2).

La información sobre temperatura, precipitación y evaporación, se obtuvo de la estación meteorológica 032 de Mixquiahuala, Hgo., donde se encontró que los meses más fríos son noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. En relación a la precipitación, se encontró que los meses de

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

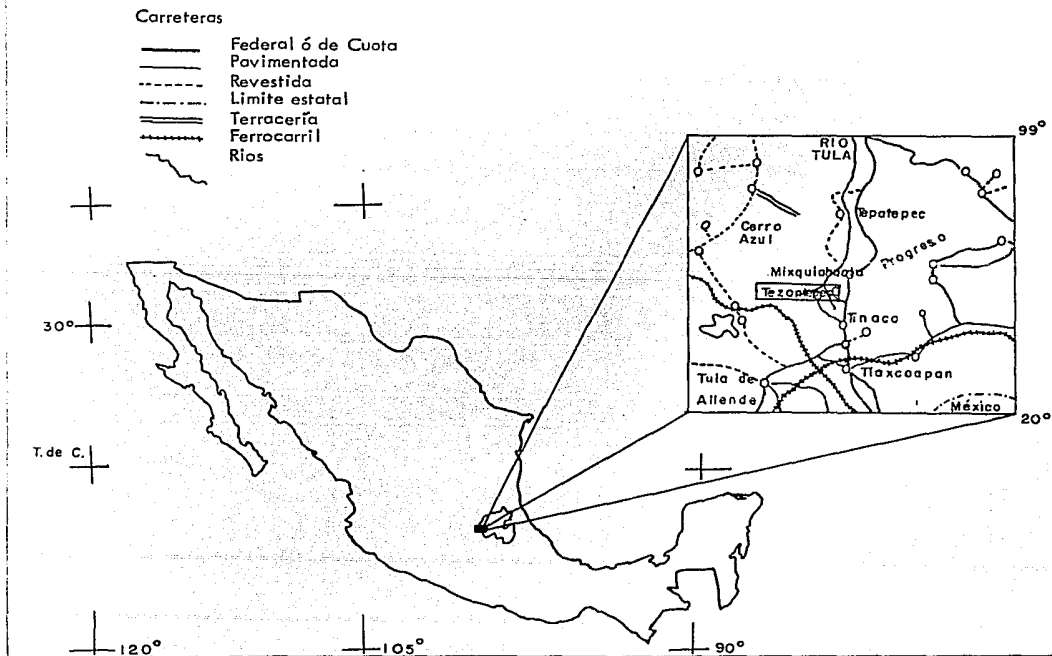
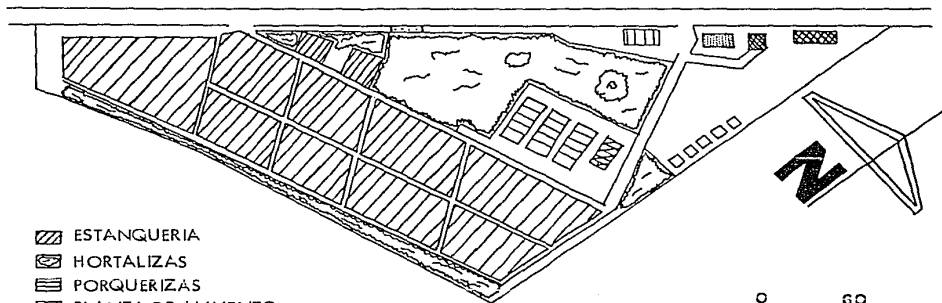


Tabla 1. Descripción general de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama, estado de Hidalgo.

CONCEPTO	REGISTRO
Nombre	Granja Integral de Policultivo
Municipio	Tezontepec de Aldama
Estado	Hidalgo
Región Geográfica	Mesa Central
Latitud	20° 03' 00" N
Longitud	99° 17' 00" W
Clima (Küppen, modificado por García 1975)	Bsi Kw (w) (i)
Meses más lluviosos	Junio, Julio y Agosto
Meses menos lluviosos	Diciembre, Enero y Febrero
Precipitación media anual	690 mm.
Isoyeta	700 mm.
Isoterma	17 °C
Area total de la Granja	7 hectáreas
Area de la estanquería	2 hectáreas
Número de estanques	9
Tipo de estanques	Rústico



- ▨ ESTANQUERIA
- ▩ HORTALIZAS
- ▧ PORQUERIZAS
- ▦ PLANTA DE ALIMENTO
- ▤ LABORATORIO
- ▣ TANQUE DISTRIBUIDOR
- ▢ BODEGA
- ALBERGUE
- APIARIOS

0 60

Figura 2.
Distribución de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec
de Aldama, Hgo. (México)

mayo, julio, agosto y parte de octubre son los más húmedos, con un máximo de 70 mm (Fig. 3). En contraste, la evaporación triplica los valores registrados por la precipitación, ya que alcanza un promedio de 200 mm para los meses de marzo y abril (Fig. 4).

4.2. Fuente y calidad del agua

El agua que abastece a esta Granja procede del manantial denominado "El Puché", mismo que tiene un aforo de 980 l/s, de él se capta un volumen aproximado de 100 l/s para satisfacer las necesidades de todas las áreas y se conduce por gravedad hasta un tanque de distribución. El agua muestra una elevada alcalinidad y es catalogada como extremadamente dura, con un alto contenido iónico y con exceso de sodio, lo que se traduce en una conductividad elevada y un pH fuertemente alcalino (Tabla 2) (Arredondo y Juárez, 1985).

Figura 3. Polígonos climáticos elaborados a partir de datos tomados en la Estación Meteorológica de Mixquiahuala, Hgo.

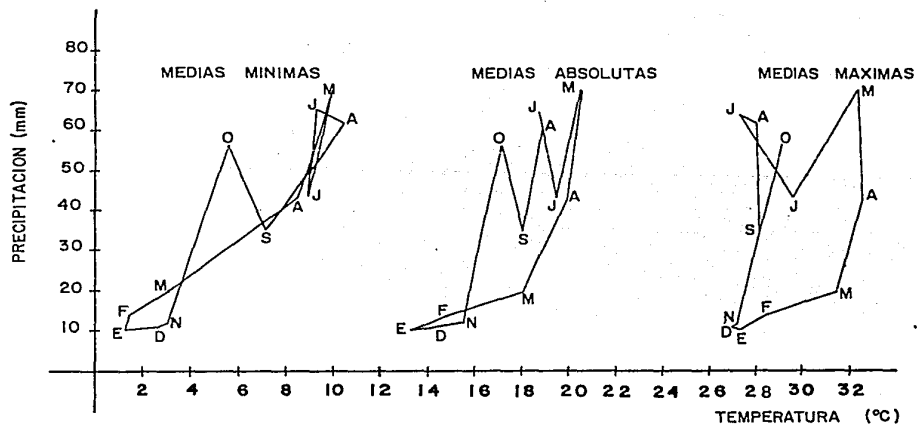


Figura 4. Diagramas de Precipitación contra Evaporación.

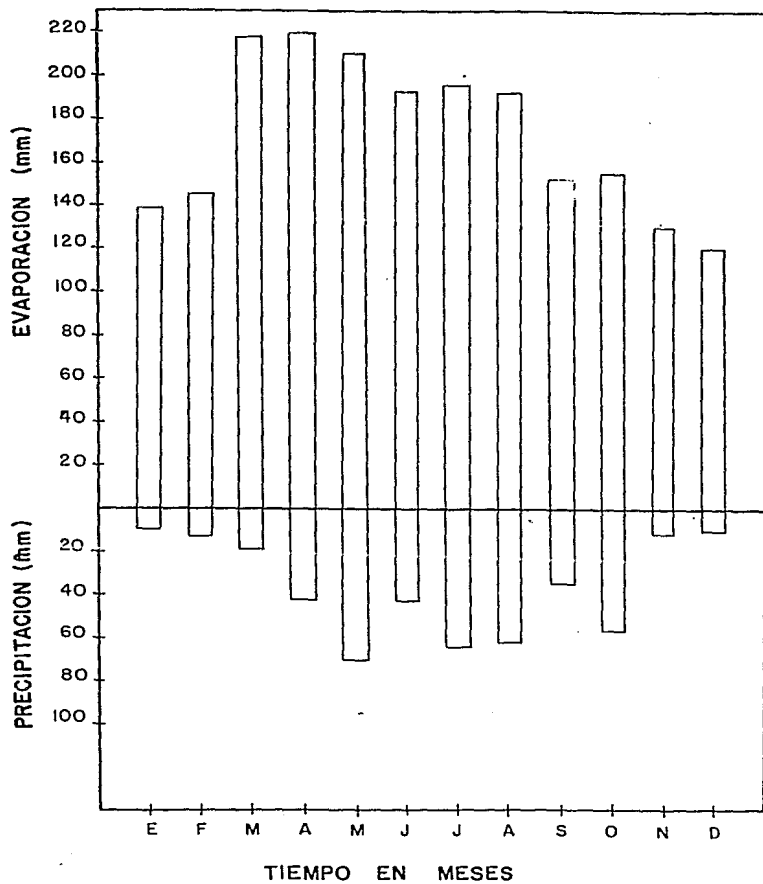


Tabla 2. Parámetros del agua del manantial que abastece a la Granja.

Parámetros	Valor Promedio
Temperatura (°C)	22.0
Conductividad k= 25 °C mhos/cm2	1317.0
pH	8.4
* Sólidos totales	931.0
* Sólidos disueltos	931.0
* Alcalinidad total	341.0
* Carbonatos	92.0
* Bicarbonatos	249.0
* Dureza total	478.0
* Dureza del calcio	188.0
* Dureza del magnesio	290.0
* Sodio (ión)	1145.0
* Potasio (ión)	74.0
* Cloruros (ión)	220.0
* Sulfatos (ión)	160.0
* Nitritos (NO ₂ -)	0.003
* Nitratos (NO ₃ -)	1.13
* Amonio total (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	0.05
* Fósforo total	0.01

(*). Concentración en mg/l

Tabla 3. Area de los estanques de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepc de Aldama.

ESTANQUE	AREA (m ²)
1 *	4520
2 *	3000
3	1538
4	2136
5 *	1902
6	1781
7	1827
8	1821
9	1386

(*). Estanque utilizados para la realización de este trabajo

V. MATERIALES Y METODOS

Para aprovechar óptimamente el espacio y alimento disponible para el cultivo de los peces, se efectuaron una serie de actividades previas al inicio del experimento, estas fueron:

5.1. Preparación de la estanquería

a) Limpieza de los estanques. Cada una de las unidades experimentales, se lavaron cuidadosamente para -- que no quedaran residuos de fertilizante y materia orgánica del cultivo anterior.

b) Encalado. Como medida profiláctica se distribuyó en forma uniforme cal viva en el fondo de los estanques a razón de 3 Kg/m^2 , dejandose secar por un lapso de cinco días.

c) Lavado. Transcurridos los cinco días, se lavaron nuevamente las unidades, con el objeto de eliminar los residuos de cal.

d) Control de competidores. Listas las unidades se colocaron en los vertederos filtros de malla de mosquito, con el fin de evitar la entrada de organismos competidores.

e) Fertilización inicial. Después del lavado, los estanques se fertilizaron de la siguiente manera:

En forma inicial, para el tratamiento de abono orgánico, se distribuyó en el fondo de los estanques el excremento de borrego y cerdo, seco y picado a razón de 2 Kg/m².

En el caso del estanque con tratamiento de abono inorgánico también se distribuyó en el fondo del estanque con 0.06 Kg/m²; el compuesto químico utilizado fué el siguiente (17% N-17% P₂O₅-17% K₂O) aplicandose el 90% y el 10% de (46% N).

f) Llenado de los estanques. Una vez fertilizadas las unidades experimentales, se llenaron aproximadamente a 0.5 m, permaneciendo a ese nivel por un período de 15 días, transcurrido este tiempo se llenaron a una profundidad media de 1.5 m, con un flujo de entrada de 1-2 l/s, el cual no fué constante a lo largo del experimento.

5.2. Siembra y registro de datos morfométricos

Debido a problemas técnicos la introducción de crías no se pudo realizar al mismo tiempo en todos los estanques. Los primeros en sembrarse fueron los estanques -

1 y 3, el 25 y 26 de octubre de 1982; el 5 se sembró el 16 de noviembre y el resto de los estanques el 26 del mismo mes. Las crías se obtuvieron del Centro de Reproducción Piscícola de Tezontepec.

El registro de los parámetros morfométricos requeridos para los peces capturados fueron: Longitud furcal y peso total. Para ello, se empleó un ictiómetro de escala 0.0 a 40.0 cm y una balanza granataria con capacidad total de 2,610 g y escala mínima de 0.1 g.

5.3. Manejo de los estanques

De los nueve estanques con los que cuenta la Granja ninguno presentó áreas superficiales similares, variando desde 1386 hasta 4520 m² (Tabla 3).

Las unidades experimentales se mantuvieron con una densidad de 1.5 organismos por m² y con una composición de especies diferentes, esto por la disposición de crías con las que contaba el centro (Tabla 4).

Como medida profiláctica, a todos los organismos se les dió un baño con cloruro de sodio (5 g/l) por 20 minutos, previa introducción a los estanques de cultivo.

Durante los ocho meses que duró el experimento

Tabla 4 . Densidad de siembra y porcentajes por especie en los estanques.

ESTANQUE No. 1

Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Carpa herbívora	3390	50
Carpa espejo	1356	20
Carpa cabezona	1017	15
Carpa brema	881	13
Carpa plateada	135	2

ESTANQUE No. 2

Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Carpa herbívora	2250	50
Carpa espejo	900	20
Carpa cabezona	765	15
Carpa brema	585	13
Carpa plateada	90	2

ESTANQUE No. 5

Especie	Cantidad	Porcentaje (%)
Carpa herbívora	1420	50
Carpa espejo	570	20
Carpa cabezona	428	15
Carpa brema	371	13
Carpa plateada	57	2

se tomaron muestras representativas de las poblaciones y para la obtención del tamaño de muestra, se aplicó la ecuación de Yamane (1979).

$$n = \frac{N}{1 + N e^2}$$

Donde: n = tamaño de muestra

N = número de datos de la población

e = error o precisión

Se consideró un error de (\pm) 10% y un intervalo de confianza del 95%.

En la captura de organismos, se empleó un chinchorro de 30 m de longitud, con una altura de 2 m y una abertura de malla de 1 cm.

5.4. Fertilización periódica

Ya introducidos los organismos, se procedió a fertilizar diariamente (5 días a la semana) los estanques, con el fin de evitar la escasez de nutrientes y aumentar la productividad primaria, excluyendo la falta de alimento para los peces.

Los tratamientos de fertilización empleados en el experimento fueron:

- a) Estiercol fermentado de borrego
- b) Estiercol fermentado de cerdo
- c) Abono inorgánico, compuesto de urea más fórmula compleja.

Para los estanques que se fertilizaron con abono orgánico, se utilizó el bioabono líquido, producto de la fermentación del estiercol. Para esto, se utilizaron los cuatro fermentadores de tipo abierto de la granja, cuyas dimensiones son 5.5 X 3.0 X 2.0 m, dos de ellos para el excremento de borrego y los dos restantes para el excremento de cerdo.

Los fermentadores se prepararon con una capa de alfalfa y una de estiercol, así sucesivamente hasta tres cuartas partes de su capacidad total, luego se les añadió una capa delgada de cal, cerrándolos con una tapa de color oscuro.

El suplemento de fertilizante orgánico utilizado en los estanques, fué el sugerido por Porras (1981) (Tabla 5). Con una tasa mínima de bioabono líquido suministrada en invierno y la tasa máxima en verano, denotándose dos etapas de fertilización. A los cuatro meses de crecimiento para las especies herbívoras (carpas hervívora y brema), se les empezó a suministrar alimento, a una proporción --

Tabla 5. Composición (%), de algunos estercoles (FAO, 1977). Tomado de Porras (1981).

Estiercol	Agua	N	P	K	Mat. orgánica	C:N:P
Cerdaza	74	0.5	0.2	0.4	15	13:1:03
Borrego	79	0.5	0.1	0.4	17	17:1:2
Composición (%), del compuesto inorgánico utilizado.						
	Agua	N	P	K	Mat. orgánica	C:N:P
Urea	--	46	0	0	--	--
Fórmula Compleja	--	17	17	17	--	--

aproximada del 25 % de su biomasa total, el alimento seleccionado fué alfalfa (80%) y desperdicios de hortalizas - (20%).

5.5. Calidad de agua

Se tomaron muestras periódicas de superficie y - fondo cada 15 días, y mensualmente ciclos de 24 horas para oxígeno disuelto, en una estación fija localizada cerca - del monje, realizándose la determinación de los parámetros fisicoquímicos in situ (Tabla 6).

Todos los parámetros se analizaron para muestras de superficie y fondo, las cuales fueron colectadas por medio de una botella Van Dorn de 5 litros de capacidad.

A los datos obtenidos de los muestreos, se les - aplicó la prueba de "T" de Student y la prueba de Tukey - (ANAVA) de dos y tres vías, para conocer si las diferencias entre los parámetros de cada uno de los tratamientos eran significativas, asimismo se efectuaron comparaciones múlti- ples de medias (Newman Keuls). También se estimaron los es- tadísticos generales para cada conjunto de datos, calculan- do el valor máximo, mínimo, media, desviación estandar, va- rianza y el coeficiente de variación (Reyes, 1982) (Tablas 7, 8 y 9).

5.6. Relaciones biométricas

A partir de los datos obtenidos en los muestre--

Tabla 6. Técnicas de análisis para determinar la calidad de agua.

Parámetro	Técnica	Referencia
Alcalinidad total	Titulación	APHA (1971)
Dureza total	Titulación	APHA (1971)
Oxígeno disuelto	Titulación	APHA (1971)
Sodio y Potasio	Fluorimetría	APHA (1971)
Amonio	Colorimétrico	Wetzel y Likens (1969)
Ortofosfatos	Colorimétrico	Margalef et.al. (1976)
Nitritos	Colorimétrico	Margalef et.al. (1976)
Nitratos	Colorimétrico	Margalef et.al. (1976)
pH	Potenciómetro	_____
Conductividad	Conductivímetro	_____
Temperatura	Directo	_____
Transparencia	Disco de Secchi	_____
Productividad primaria	Botellas claras y oscuras	Boyd (1979)

Tabla 7. TRATAMIENTO CON ESTIERCOL FERMENTADO DE BORREGO.

Estanque No. 1

Estadísticos generales de los parámetros fisicoquímicos quincenales
(Estrato superficial.)

Parámetro	N	Máximo	Mínimo	\bar{X}	S	S ²	C.V.
Transparencia (m)	16	1.55	0.23	0.60	0.35	0.59	58.33
Temperatura (°C)	16	25.00	14.00	18.81	3.64	1.90	19.35
Conductividad (K=25°C)	16	1210.00	1008.00	1131.75	52.93	7.27	4.67
Oxígeno (%) *	16	184.00	74.00	112.19	33.22	5.76	29.61
pH	16	9.4	8.00	8.51	0.34	0.58	3.99
Sodio (mg/l)	13	1794.00	916.00	1388.69	318.48	17.84	22.93
Potasio (mg/l)	13	86.02	23.46	55.64	16.52	4.06	29.69
Dureza Total (mg/l)	16	482.00	146.00	338.63	83.37	9.13	24.61
Alcalinidad Total (mg/l)	14	466.00	159.00	280.14	83.86	9.15	29.93
Ortofosfatos (mg/l)	16	0.90	0.00	0.19	0.33	0.57	173.68
Nitritos (µg/l)	15	180.20	21.20	84.81	42.20	6.49	49.75
Nitratos (mg/l)	14	1.71	0.06	0.75	0.46	0.67	61.33
Amonio (mg/l)	16	0.36	0.00	0.07	0.10	0.31	142.85
Fotosíntesis Neta (mg/l C/3hrs)	14	3.71	- 1.61	1.08	1.35	1.16	125.00
Fotosíntesis Bruta (mg/l C/3hrs)	14	3.38	- 0.86	1.06	1.13	1.06	106.60
Respiración (mg/l C/3 h)	14	1.50	- 1.37	- 0.02	0.62	0.78	- 3100.00

\bar{X} : Media

S: Desviación Estandar

2

S : Varianza

C.V.: Coeficiente de Variación

Tabla 8. TRATAMIENTO CON ESTERECOL FERMENTADO DE CERDO.

Estanque No. 2

Estadísticos generales de los parámetros fisicoquímicos quincenales

(Estrato superficial)

Parámetro	N	Máximo	Mínimo	\bar{X}	S	S^2	C.V.
Transparencia (m)	16	1.55	0.15	0.65	0.51	0.71	31.48
Temperatura (°C)	16	23.00	12.00	17.75	3.25	1.80	18.30
Conductividad (K=25°C)	16	1368.00	1083.00	1247.56	85.32	9.23	6.83
Oxígeno (%) *	16	242.00	22.00	122.88	55.89	7.47	45.48
pH	16	9.60	8.10	8.89	0.41	0.64	4.61
Sodio (mg/l)	16	2083.90	1099.20	1516.68	337.75	18.37	22.26
Potasio (mg/l)	13	78.20	27.37	58.05	14.88	3.85	25.63
Dureza Total (mg/l)	16	500.00	244.00	381.00	75.03	8.66	19.69
Alcalinidad Total (mg/l)	15	433.00	158.00	253.07	82.74	9.09	32.69
Ortofosfatos (mg/l)	13	1.10	0.00	0.26	0.37	0.60	142.30
Nitritos (µg/l)	15	519.40	0.00	118.45	132.69	11.51	112.02
Nitratos (mg/l)	14	1.32	0.04	0.70	0.44	0.66	62.85
Amonio (mg/l)	16	0.70	0.00	0.12	0.21	0.45	175.00
Fotosíntesis Neta (mg/l C/3hrs)	14	5.24	-1.20	1.28	1.83	1.35	142.96
Fotosíntesis Bruta (mg/l C/3hrs)	14	3.75	-0.94	1.20	1.27	1.12	105.83
Respiración (mg/l C/3hrs)	14	2.36	-2.74	0.18	1.16	1.07	644.44

\bar{X} : Media

S: Desviación Estandar

S^2 : Varianza

C.V.: Coeficiente de Variación

Tabla 9. TRATAMIENTO CON UREA Y FORMULA COMPLEJA

Estanque No. 5

Estadísticos generales de los parámetros fisicoquímicos quincenales

(Estrato superficial)

Parámetro	N	Máximo	Mínimo	\bar{X}	S	S ²	C.V.
Transparencia (m)	16	1.65	0.15	0.71	0.46	0.67	64.78
Temperatura (°C)	16	24.00	13.00	18.25	3.16	1.77	17.31
Conductividad (K=25°C)	16	1460.00	1210.00	1303.25	75.31	8.67	5.77
Oxígeno (%) *	16	351.00	56.00	142.94	83.66	9.14	58.52
pH	16	9.20	8.40	8.82	0.29	0.53	3.28
Sodio (mg/l)	13	2015.20	1030.50	1576.60	326.66	18.07	20.71
Potasio (mg/l)	13	74.20	27.37	55.64	12.17	3.48	21.87
Dureza Total (mg/l)	16	556.00	330.00	427.13	55.99	7.48	13.10
Alcalinidad Total (mg/l)	15	415.00	162.00	267.53	64.33	8.02	24.04
Ortofostatos (mg/l)	16	1.21	0.00	0.51	0.46	0.67	90.19
Nitritos (µg/l)	15	1056.50	56.50	411.77	318.53	17.84	17.35
Nitratos (mg/l)	14	1.36	0.00	0.59	0.41	0.64	69.49
Amonio (mg/l)	16	1.02	0.00	0.26	0.33	0.57	126.92
Fotosíntesis Neta (mg/l C/3hrs)	14	6.38	-1.43	1.00	1.99	1.41	199.00
Fotosíntesis Bruta (mg/l C/3hrs)	13	4.84	-0.56	1.45	1.72	1.31	118.62
Respiración (mg/l C/3hrs)	13	2.55	-1.27	0.48	1.03	1.01	214.58

\bar{X} : Media

S: Desviación Estandar

2

S : Varianza

C.V.: Coeficiente de Variación

* Oxígeno Disuelto

os biométricos se calcularon las siguientes relaciones:

a) Relación peso-longitud

En estudios de dinámica de poblaciones, es necesario conocer la relación que existe entre el peso y la longitud de las especies. En los peces, el peso varía como una potencia de la longitud (Ricker, 1975), donde:

$$W = aL^b \quad \text{ó} \quad W = aL^3$$

El valor de (b) se determinó graficando el logaritmo del peso contra el logaritmo de la longitud, para cada una de las poblaciones, tomando en cuenta que los parámetros (a) y (b) son característicos de una población particular. De acuerdo con lo anterior, este modelo fué aplicado para los organismos de cada estanque.

b) Crecimiento

1) Modelo de crecimiento de Von Bertalanffy

En este punto se contrastaron dos técnicas para analizar el crecimiento de la carpa de Israel : La primera fué a través de la ecuación de Von Bertalanffy (1938), modelo que se utiliza más frecuentemente en estudios de crecimiento en los peces y la segunda se refiere a la técnica de diagramas de caja, desarrollada por Tukey (1977).

La ecuación de Von Bertalanffy se utilizó para ajustar los datos sobre el crecimiento en peso observado; presentando la siguiente ecuación:

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

W_t = es el peso del pez a la edad (t)

W_{∞} = es el peso promedio máximo de la especie

k = es la tasa de crecimiento a la cual el peso alcanza la asíntota

t = es el tiempo

t_0 = es el tiempo en el cual el peso del organismo es cero

Esta ecuación puede ser ajustada para los datos del peso, en la misma manera como la correspondiente a la ecuación de la longitud (Ricker, 1975).

Los coeficientes W_{∞} y k , se obtuvieron del gráfico de Walford (1946), teniendo en cuenta, que estos coeficientes pueden ajustarse a la ecuación de Von Bertalanffy por estar estrechamente relacionados (Everhart, 1975).

Por último, el coeficiente (t_0) se obtuvo del promedio resultante de las (t_0) para cada edad (cada período de muestreo), por medio de la ecuación siguiente:

$$t_0 = t + (1/k) \ln (1 - W_t/W_{\infty})$$

II) Análisis de datos exploratorios de Tukey

Esta técnica fué utilizada para comparar el crecimiento de los organismos en relación al tiempo y para los tres tratamientos de fertilización. Se trató de obtener la mayor información posible acerca del crecimiento llevado por toda la población medida, la cual se representa en los diagramas de caja. El crecimiento se expresó en forma gráfica, contrastando el diagrama de caja de cada población muestreada con respecto al peso total en kilogramos, el cual se encuentra en escala semilogarítmica y el tiempo en días en la escala normal.

5.7. Análisis general de los datos

Con la información obtenida en el ciclo experimental, se realizaron una serie de archivos de trabajo, los cuales fueron almacenados en la máquina Borroughs B7 - 800. Los programas estadísticos utilizados fueron el SPSS y el BASIS, implementados en esta computadora, propiedad de la UNAM.

Los gráficos, tanto de los parámetros fisicoquímicos como de las relaciones peso-longitud y crecimiento, fueron realizadas en una microcomputadora Franklin ACE -- 1000, propiedad del departamento de Zoología del Instituto de Biología, usandose para ello el programa Graphpack.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Para contar con valores representativos dentro de los resultados sometidos a discusión, se elaboraron pruebas estadísticas de Análisis de Varianza y de "T" de Student. Asimismo se realizaron Análisis de Varianza de una y dos vías por épocas para la transparencia y oxígeno disuelto.

Del Análisis de Varianza, los resultados arrojan diferencias significativas para la transparencia, nitratos, pH, oxígeno disuelto y como consecuencia en la productividad primaria, debido posiblemente, al efecto de los fertilizantes utilizados. Para las pruebas de "T" de Student, no se encontró diferencia significativa alguna entre las capas superficial y del fondo de los estanques, presentando la columna de agua una cierta homogeneidad en las concentraciones de los parámetros analizados. Por lo tanto y a causa de no encontrar una variación significativa, se reportan sólo los promedios del estrato superficial (salvo para las concentraciones de oxígeno disuelto), tanto en los gráficos como para los resultados generales.

Con el objetivo de expresar la información de una manera ordenada, ésta fué dividida en cuatro incisos:

- 6.1. Análisis de la calidad de agua
- 6.2. Productividad primaria
- 6.3. Relación peso-longitud y crecimiento
- 6.4. Rendimiento pesquero

6.1. Análisis de la calidad del agua

Debido a que los parámetros físicoquímicos presentan diferencias en su comportamiento dentro del sistema de cultivo, se optó por analizar cada uno de ellos por separado, dividiéndolos en conservativos y no conservativos, según el criterio desarrollado por Stickney (1979).

a) Parámetros conservativos

TEMPERATURA

De los factores que imperan en los sistemas de cultivo, se observa que la temperatura, es el factor que tal vez tenga más importancia por su influencia en la productividad de los ecosistemas, además de producir varios efectos, tanto directos como indirectos.

La temperatura, en general, tiene efectos muy pronunciados sobre los procesos químicos y biológicos en los cuerpos de agua, encontrándose, que la velocidad de estas reacciones se duplica cada 10°C de incremento. Esto significa, que los organismos deben usar el cople de oxígeno disuelto y las reacciones químicas, pueden progresar al doble de rápido a 30°C que a 20°C . De esta manera los requerimientos de oxígeno disuelto de los peces es más crítico en agua caliente que en fría (Boyd y Lichtkoppler, 1979).

Para los meses de noviembre, diciembre y enero de 1982-1983, se registró la temperatura más baja en las unidades experimentales, incrementándose a mediados de febrero. En los últimos muestreos correspondientes a junio y julio, la temperatura presentó un decremento de 3.5°C , debido a las lluvias y días nublados que imperan en estos meses. (Fig. 5).

En los tres estanques estudiados, se encontró que no hubo diferencia significativa en la temperatura, donde se alcanzó un promedio general de 18°C , con un mínimo de 12°C y con un máximo de 25°C .

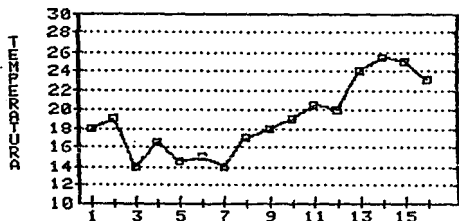
El estanque No. 1 presentó el coeficiente de variación más alto con 19.35%, debido probablemente al flujo continuo de agua que brota del manantial ubicado dentro del mismo estanque.

En las unidades experimentales, los valores de temperatura del estrato del fondo fueron ligeramente inferiores al estrato superficial, con un intervalo de 1.5 a 2.0°C de diferencia. Boyd y Lichtkoppler (1979), mencionan que las capas superficiales de los estanques se calientan más rápido que las capas profundas, con una baja densidad (peso por unidad de volumen), en el estrato superficial por el incremento de la temperatura. Debido a la diferencia de densidades entre los estratos, estos no se mezclan y en consecuencia se produce una estratificación térmica. En algunos casos es posible encontrar este fenómeno en estanques de cultivo. Sin embargo esto no fué

Figura 5. VARIACION DE LA TEMPERATURA (°C).

MUESTREOS QUINCENALES

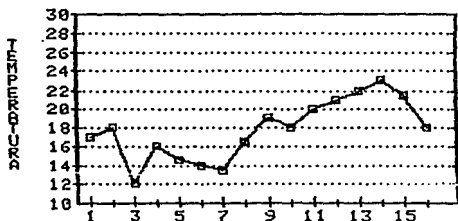
ESTANQUE 1



n = 16
 \bar{X} = 18.81
 D.S.T = 3.64
 Max. = 25.60
 Min. = 14.00
 C.V. = 19.35

MUESTREOS QUINCENALES
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO

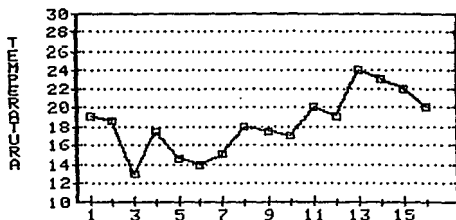
ESTANQUE 2



n = 16
 \bar{X} = 17.75
 D.S.T = 3.25
 Max. = 23.00
 Min. = 12.00
 C.V. = 18.30

MUESTREOS QUINCENALES
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO

ESTANQUE 5



n = 16
 \bar{X} = 18.25
 D.S.T = 3.16
 Max. = 24.00
 Min. = 13.00
 C.V. = 17.31

MUESTREOS QUINCENALES
 TRATAMIENTO CON U. Y F.C.

1= noviembre, 2 y 3= diciembre, 4 y 5= enero, 6 y 7= febrero,
 8 y 9= marzo, 10 y 11= abril, 12 y 13= mayo, 14 y 15= junio,
 16= julio.

detectado en los sistemas estudiados, tal vez a que existió un aporte casi constante en el flujo de agua que alimentaba a los estanques (1-2 l/s), y a la poca profundidad de estos que propició una mezcla de las capas en la columna de agua.

Alabaster y Lloyd (1980), menciona que para muchos ciprínidos, el incremento permisible en la temperatura, es aproximadamente de 6°C sobre los valores del ambiente natural, con un límite superior de 30°C durante la estación más caliente y que aproximadamente a 28°C y valores más altos, el crecimiento de varios ciprínidos se inhibe.

Shkorbatov (1954. Fide: Alabaster y Lloyd, 1980), registró en estanques de Ucrania, temperaturas letales para la carpa común, situándose éstas entre 34 y 36°C y algunos disturbios a temperaturas que no excedían de 32°C, con una reducción marcada en la alimentación a los 29°C. Para los estanques de cultivo de Tezontepec, se encontró, que en los meses de mayo y junio se alcanzaron las temperaturas más altas (25 y 26°C), situándose éstas temperaturas muy por debajo de las encontradas por Alabaster y Shkorbatov, alejándose de los niveles que podrían causar disturbios en el comportamiento de los peces introducidos.

Aunque existe una relación muy estrecha entre la temperatura del agua y el crecimiento de los peces, Backiel y Stegman (1968. Fide: Hopher y Pruginin, 1985), encontraron una correlación significativa entre el número de días con una temperatura superior a los 20°C durante los me-

ses de julio y agosto, donde por cada día en el cual la temperatura alcance valores superiores a los 20° C durante estos meses, la producción de los peces puede incrementarse en 4 - 4.7 Kg/ha. En relación a lo mencionado por estos investigadores, para nuestro sistema se encontró que en la época primavera-verano se presentaron temperaturas de 20 a 26 °C, factor que ayudó al crecimiento de todos los organismos del sistema, aunque de alguna manera el crecimiento de la carpa espejo estuvo favorecido en mayor grado, ya que al finalizar el experimento fué la variedad de carpa que más creció, tanto en peso como en longitud. Con un rendimiento de 2.85 Kg/ha/día en el estanque 1, 3.96 Kg/ha/día en el estanque 2 y 3.65 Kg/ha/día en el estanque 5.

Aunque los estanques utilizados para el cultivo experimental de peces son someros, con una área superficial pequeña, estar protegidos a la acción del viento y presentar un cierto grado de turbidez por los fertilizantes (Parks, et.al., 1975). La temperatura del agua en el sistema no fluctuó en un intervalo tan amplio como la temperatura del aire, manteniéndose un promedio casi constante, el cual para el sistema se presentó en 18 °C. Para este estudio, se encontró que la temperatura desempeñó un papel importante en los procesos biológicos de los estanques y por lo tanto con el crecimiento de los organismos en condiciones de cultivo.

CONDUCTIVIDAD

En general, las aguas superficiales en áreas con lluvia moderada o muy lluviosas, pueden tener una concentración iónica total de 20-500 mg/l. En regiones áridas, - la concentración total de iones en las aguas superficiales frecuentemente promedia entre 500 y 2500 mg/l, encontrando se en algunos cuerpos de agua valores más altos. En contraste, el agua de mar contiene aproximadamente 35000 mg/l de iones totales.

La salinidad, es un término que se utiliza para referirse a la concentración total de iones disueltos en - un cuerpo de agua. Si bien, es poco práctico medir la concentración de todos los iones en el agua, la habilidad del agua para conducir una corriente eléctrica (conductividad) se incrementa conforme la salinidad aumenta, así un conductímetro puede ser usado para medir la conductividad y - los valores de esta indicarían el grado relativo de salinidad. De esta manera, la relación entre conductividad y - salinidad depende de la proporción de la mayoría de iones existentes (Boyd, 1982).

La concentración de varios elementos o iones que habitualmente se valoran, como el Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , - HCO_3^- , Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, muestran una correlación mutua elevada, y tanto en conjunto como en la concentración de cada uno - de ellos, están positivamente correlacionados con la conductividad eléctrica del agua (Bargalef, 1983).

La conductividad de las aguas epicontinentales de México, varía desde 45 hasta 10000 μ mhos/cm y en zonas de elevada contaminación algunas veces llega a exceder este último valor (Arredondo, en prensa).

En los estanques muestreados, se encontró que el factor de conductividad se mantuvo casi uniforme, manifestando valores comprendidos dentro del intervalo de 1008 - 1460 μ mhos/cm. Se encontró que estos valores de conductividad están situados dentro de los intervalos hidrológicos establecidos para un buen cultivo de peces, según lo mencionado por Boyd (1979).

Los gráficos resultantes sobre la conductividad, muestran un comportamiento irregular para cada uno de los estanques, presentandose en el estanque 2 el coeficiente de variación más alto con 6.83%, seguido por el estanque 5 con 5.77% y por último el estanque 1 con el valor mínimo 4.67% (Fig. 6). Los resultados obtenidos de cada una de las unidades experimentales, se sometieron a un análisis de varianza, del cual resultó que la conductividad entre los estanques fluctua ligeramente, aunque su variabilidad no es significativa ($P > 0.05$).

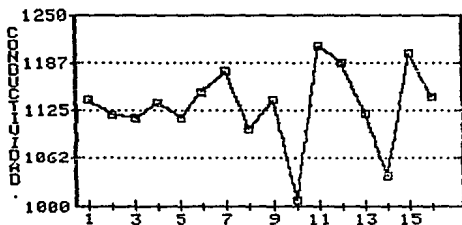
pH

Generalmente, el pH depende de la composición química del agua, específicamente de la concentración de los carbonatos y bicarbonatos de calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), y su relación con el bióxido de carbono.

Figura 6. VARIACION DE LA CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{mhos/cm}$).

MUESTROS QUINCENALES

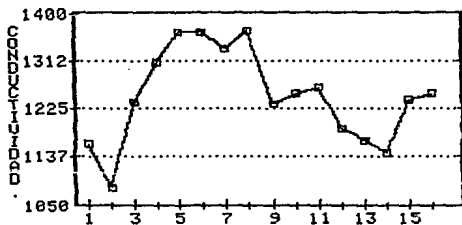
ESTANQUE 1



$n = 16$
 $\bar{X} = 1131.75$
 $D.ST = 52.93$
 $Max. = 1210.00$
 $Min. = 1008.00$
 $C.V. = 4.67$

MUESTROS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO.

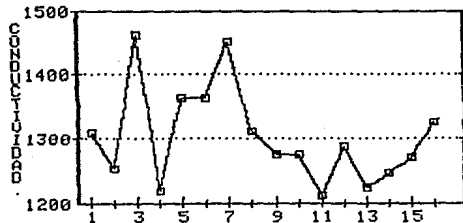
ESTANQUE 2



$n = 16$
 $\bar{X} = 1247.56$
 $D.ST = 85.32$
 $Max. = 1368.00$
 $Min. = 1083.00$
 $C.V. = 6.83$

MUESTROS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO.

ESTANQUE 5



$n = 16$
 $\bar{X} = 1303.25$
 $D.ST = 75.31$
 $Max. = 1460.00$
 $Min. = 1210.00$
 $C.V. = 5.77$

MUESTROS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON U.V.F.C.

Organismos como los que componen el fitoplancton y otro tipo de vegetación acuática, son capaces de remover el bióxido de carbono del agua, principalmente durante la fotosíntesis, así el pH del agua aumenta durante el día y decrece durante la noche por la respiración orgánica (Boyd y Lichtkoppler, 1979).

La mayoría de los cuerpos de agua epicontinentales presentan valores de pH que fluctúan entre 6.5-9.0. Para los estanques de cultivo el pH está determinado por diversos factores, incluyendo la naturaleza del suelo del estanque, la composición química del agua que entra al sistema, la población biológica y la intensidad fotosintética - durante el día (Swingle, 1961; Abeliovitch, 1967).

Alabaster y Lloyd (1980), han estimado que la -- productividad de los estanques es tres veces mayor en agua alcalina que en aguas ácidas, lo que trae como consecuencia, que la tasa de crecimiento de los peces en aguas ácidas sea usualmente menor que bajo condiciones alcalinas.

En general, para la mayoría de los peces en cultivo, los valores letales de pH se encuentran hacia los extremos ácido y alcalino (4.0 y 11.0, respectivamente) -- (Swingle, op.cit.). Arredondo (en prensa), menciona que existe nulo o poco crecimiento en los individuos hacia los niveles de 6.5 o mayores de 9.5, con baja producción.

Del análisis de los valores del pH en el sistema, se encontró que estos estuvieron entre 8.0 y 9.6, registrándose para el mes de diciembre el valor más alto en el

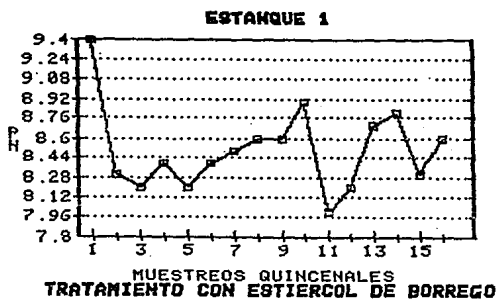
estanque 2 y para el mes de abril el valor mínimo en el estanque 1. Según Ellis (1937), los cuerpos de agua con valores de pH promediando de 6.5 a 9.0 en su punto más alto del día son los más adecuados para la producción de peces. En relación a lo anterior se encontró que los valores medidos se sitúan dentro de este intervalo, con niveles fuertemente alcalinos (Fig. 7).

Se verificó al encontrar un coeficiente de variación máxima de tan solo 4.61% (estanque 2), que los valores de pH se mantuvieron dentro de un intervalo poco fluctuante y aceptable para el cultivo de peces.

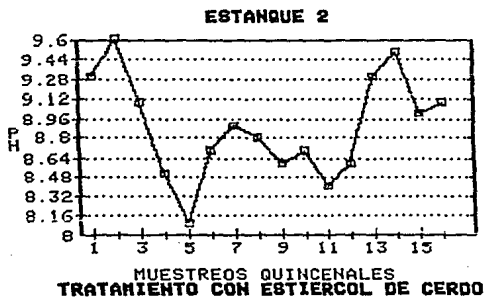
De los elementos más importantes que se relacionan con las fluctuaciones en los valores de pH, se encontraron al sodio y al potasio, los cuales están asociados con HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$ (Boyd, 1979). Swingle (1961), menciona que el pH en aguas que contengan concentraciones considerables de estos elementos, el pH puede incrementarse, especialmente durante períodos de rápida fotosíntesis, manteniendo niveles de gran alcalinidad (pH 10). En el sistema se encontró que principalmente el sodio se mantuvo en altas concentraciones, siendo una fuente importante para mantener niveles alcalinos en el cuerpo de agua, debido a la formación del Na_2CO_3 y el K_2CO_3 por el potasio, siendo como puestos muy solubles y principales acumuladores de $\text{CO}_3^{=}$, el cual a través de su hidrólisis viene a ser el recurso mayor de OH^- . Otro elemento de importancia también presente en el sistema, fué el amonio, el cual formaba parte del

Figura 7. VARIACION DEL pH

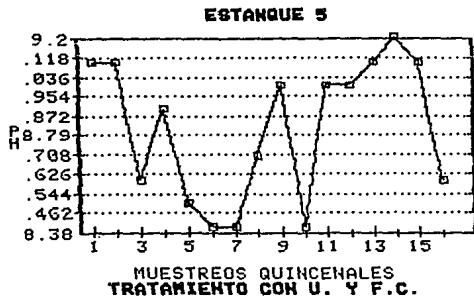
MUESTREOS QUINCENALES



n = 16
 \bar{X} = 8.51
 D.ST = 0.34
 Max. = 9.40
 Min. = 8.00
 C.V. = 3.99



n = 16
 \bar{X} = 8.89
 D.ST = 0.41
 Max. = 9.60
 Min. = 8.10
 C.V. = 4.61



n = 16
 \bar{X} = 8.82
 D.ST = 0.29
 Max. = 9.20
 Min. = 8.40
 C.V. = 3.28

líquido sobrenadante de la fermentación del estiercol de borrego y cerdo, además de ser un compuesto derivado de la hidrólisis de la urea. Estos elementos se utilizaron como fertilizantes en los estanques. Alexander (1977), menciona que generalmente, mucho del nitrógeno que se encuentra en el agua se transforma en amonio y el pH del sistema se eleva cuando el amonio es producido, alcanzando valores superiores a 9.0.

Según Aguilera (com. pers.), al reaccionar en el sistema, el sodio, potasio y amonio en conjunto, lograron producir un pH con un mínimo de 8.0 y un máximo mayor de 9.0, manteniéndose este intervalo en el tiempo, debido a la formación de un sistema amortiguador muy eficiente, basado en los compuestos formados por los carbonatos, ácido carbónico, sodio, potasio, urea y demás elementos del medio. Los valores de pH registrados (8.0 - 9.6), nos indican la existencia de niveles alcalinos para el agua de los estanques, que según varios autores, son los más aconsejables para la acuicultura. Boyd (1979), menciona que en algunas aguas el Na^+ y K^+ se asocian con el HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$, lo que ayuda a elevar el valor del pH, con frecuencia hasta valores de 10, principalmente durante períodos de fotosíntesis acelerada.

ALCALINIDAD TOTAL

El término alcalinidad total se refiere a la concentración total de bases en el agua, expresada como

miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio equivalente. En la mayoría de las aguas el bicarbonato y carbonato o ambos son las bases predominantes (Boyd, 1982).

Los niveles de alcalinidad total para aguas naturales, pueden promediar de menos de 5 mg/l hasta cientos de mg/l. Con frecuencia, la alcalinidad del agua, refleja el contenido de carbonatos disueltos de las rocas, de la tierra que arroja el flujo de agua alimentador y del lodo del fondo del estanque (Boyd, 1979). Las aguas naturales que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total, son consideradas como más productivas que las aguas de baja alcalinidad (Moyle, 1945). En el desarrollo del cultivo experimental, se llegó a registrar, en comparación, un intervalo de alcalinidad total de 250 a 280 mg/l, situándose estos entre los valores de aguas con mayor productividad.

Según Moyle (1945), la gran productividad de las aguas con alta alcalinidad no resulta directamente de ésta sino de la disponibilidad del fósforo y otros nutrientes que junto con la alcalinidad la incrementan.

En estanques fertilizados, la alcalinidad promedia valores de 20 a 120 mg/l, teniendo poco efecto sobre la producción de peces. Sin embargo, en estanques fertilizados con una alcalinidad total de 0-20 mg/l la producción de los peces tiende a aumentar con el incremento de la alcalinidad. De esta manera, es conveniente que los valores de alcalinidad sean superiores a los 20 mg/l en estos sistemas.

Para los estanques se registraron valores de alcalinidad mayores que los mencionados anteriormente (Fig. 8). Los valores registrados en los estanques de cultivo para la alcalinidad total se encuentran dentro de los intervalos citados por Wetzell (1975), quien menciona valores de 200-300 mg/l para estanques, de los cuales se han obtenido excelentes cosechas.

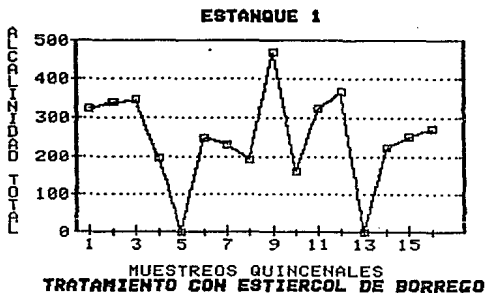
Los promedios obtenidos de alcalinidad total, para los estanques fertilizados con estiercol fermentado de borrego y de cerdo fueron de 280 y 253.07 mg/l respectivamente, el estanque 5 fertilizado con urea más fórmula compleja registró 267.53 mg/l. Para las regiones con condiciones áridas y semiáridas como las de Tezontepec de Aldama, los valores altos de alcalinidad total son comunes (Livingstone, 1963). Lo anterior es debido a la excesiva evaporación de las capas de agua lo que como consecuencia directa resulta una concentración alta de iones. Según Boyd y Lichtkoppler (1979), las aguas con alcalinidad total mayor de 20 mg/l contienen cantidades adecuadas de bióxido de carbono, lo cual permitirá la existencia de una buena producción de plancton para el cultivo de los peces.

DUREZA TOTAL

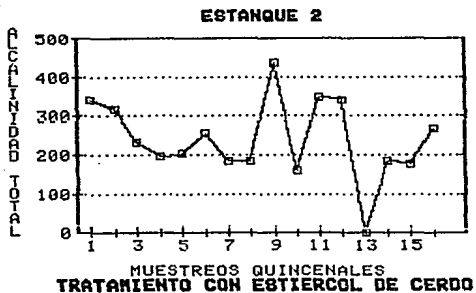
Este término se refiere a la concentración de iones metálicos divalentes en el agua, expresada como mg/l - de equivalente de carbonato de calcio. La dureza total está usualmente relacionada con la alcalinidad total, ya que

Figura 8. VARIACION DE LA ALCALINIDAD TOTAL (mg/l).

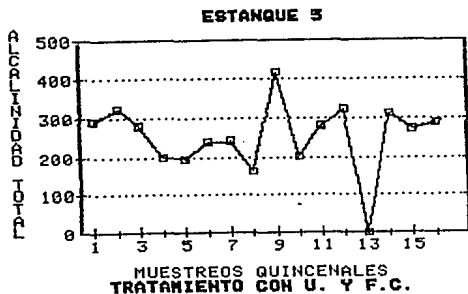
MUESTREOS QUINCENALES.



n = 14.
 \bar{X} = 280.57
 D.ST = 83.86
 Max. = 466.00
 Min. = 159.00
 C.V. = 29.88



n = 15
 \bar{X} = 253.07
 D.ST = 82.74
 Max. = 433.00
 Min. = 158.00
 C.V. = 32.69



n = 15
 \bar{X} = 267.53
 D.ST = 64.33
 Max. = 415.00
 Min. = 162.00
 C.V. = 24.04

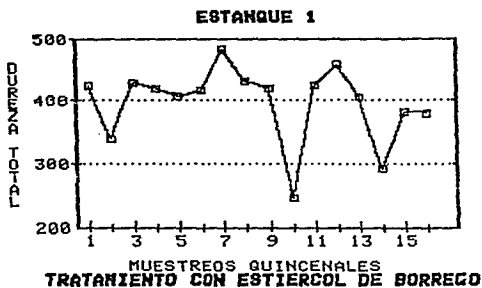
los aniones de la alcalinidad y los cationes de la dureza son normalmente derivados de la solución mineral de carbonatos (Boyd, 1979).

La dureza total no es tan importante como la alcalinidad total en el cultivo de peces. Sin embargo, en la mayoría de los cuerpos de agua, la dureza total y la alcalinidad total presentan concentraciones similares. Se sabe que, el agua para propósitos de piscicultura, requiere de pequeñas cantidades de calcio y magnesio, y que las cantidades necesarias se presentan cuando la dureza total está en 20 mg/l. Además de que, algunas aguas con gran alcalinidad total y poca dureza total pueden presentar problemas con altos valores de pH durante períodos de gran crecimiento en las poblaciones de fitoplancton (Boyd, op. cit.). La presencia de una dureza total alta en el sistema, con registros mayores de 330 mg/l, aseguraron en los cuerpos de agua cantidades considerables de calcio y magnesio, las cuales descartaban fluctuaciones en los valores del pH cuando surgía un crecimiento rápido en el fitoplancton.

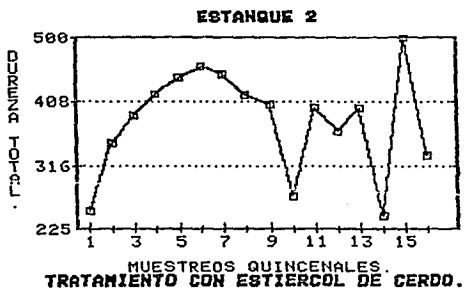
Los valores de dureza total en el sistema fueron altos, con un promedio máximo de 427.13 mg/l en el estanque 5, el cual fué fertilizado con abono inorgánico, siguiéndole el estanque 2 con 381 mg/l y por último el estanque 1 con 338.63 mg/l, estos dos estanques se fertilizaron con abono orgánico de cerdo y borrego respectivamente (Fig. 9). Boyd y Lichtkoppler (1979), mencionan valores de dureza total para cultivo de peces de 20-300 mg/l.

Figura 9. VARIACION DE LA DUREZA TOTAL (mg/l).

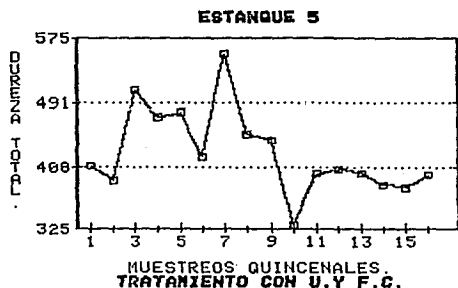
MUESTREOS QUINCENALES



n = 16
 \bar{X} = 338.63
 D.S.T = 83.37
 Max. = 482.00
 Min. = 146.00
 C.V. = 24.61



n = 16
 \bar{X} = 381.00
 D.S.T = 75.03
 Max. = 500.00
 Min. = 244.00
 C.V. = 19.69



n = 16
 \bar{X} = 427.13
 D.S.T = 55.99
 Max. = 556.00
 Min. = 330.00
 C.V. = 13.10

Según Boyd (op.cit.), si la dureza total es superior que la alcalinidad total, esto indica que algo de calcio y magnesio del agua de los estanques se está asociando con otros aniones que con los carbonatos y bicarbonatos. Para esto, en el sistema se registraron valores -- más altos de dureza total que de alcalinidad total (Figs. 8 y 9), aunque no se encontró relación negativa en el crecimiento de los peces para las observaciones hechas.

SODIO Y POTASIO

El catión monovalente del sodio es el sexto elemento más abundante en la litósfera. Este alcali-metálico es muy reactivo y soluble. Se encuentra formando parte de las rocas ígneas, como los feldespatos, aluminosilicatos de alcali y de metales alcalino-térreos (Cole, 1975).

En general, los silicatos aluminicos más agua y ácido carbónico reaccionan para dar los minerales de la arcilla, sílice hidratada y cationes alcalinos. De esta forma, la acción del agua sobre los silicatos y sobre los carbonatos alcalino-térreos, proporcionan los componentes catiónicos principales, en el orden usual decreciente se encuentran el Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ . Y sus proporciones se van modificando por cambios en la arcilla, materiales orgánicos y húmicos del suelo. Normalmente las arcillas retienen más los elementos monovalentes que a los divalentes, de manera que el calcio y el magnesio se movilizan -- con mayor facilidad en los medios acuáticos, incrementan-

dose la dureza total del cuerpo de agua, por la presencia de éstos elementos. En los estanques de cultivo, se registró un promedio aproximado de dureza total de 338.63 mg/l en el estanque 1, 381 mg/l en el estanque 2 y 427.13 mg/l en el estanque 5, manifestandose con éstos valores, que - las concentraciones de calcio y magnesio en los estanques de Tezontepec son muy altas.

Solo en condiciones de exceso de sodio la reserva alcalina estará constituida no sólo por alcalino-térreos, sino también por substancias alcalinas, las cuales -- pueden formar aguas carbonatadas sódicas fuertemente alcalinas. Aguas de este tipo pueden surgir de manantiales -- (Margalef, 1983). Las aguas utilizadas en la estanquería de Tezontepec son provenientes de manantiales subterráneos los cuales según Aguilera (com. pers.), en su recorrido -- tienen contacto continuo con rocas, posiblemente de origen volcánico, con las cuales reacciona, resultando una disolución de iones, los que a su vez, se van concentrando durante el trayecto acuífero.

En lo que respecta al potasio, éste es natural - de varios feldespatos erosionados, que tienen la fórmula - $(KAlSi_3O_8)$. La Lucita ($KAlSi_2O_6$), es una de las fuentes - mayores de potasio, donde existe como cristal dentro de la roca. Este tiene la facilidad de recombinarse con otros -- productos erosionados, como las arcillas. El potasio es usualmente, el cuarto catión en abundancia en los cuerpos - de agua epicontinentales (Cole, 1975).

Las concentraciones de potasio en las aguas naturales, por lo general promedia entre 0.5 y 10 mg/l (Moyle, 1945; Arce y Boyd, 1980). Ordinariamente, las aguas dulces contienen una disolución de cinco veces más átomos de sodio que de potasio (Margalef, 1983).

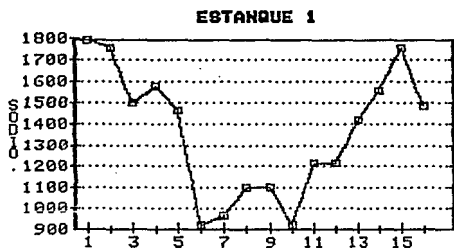
Para los estanques las concentraciones registradas de sodio, estuvieron mucho más elevadas que las de potasio, registrándose en el mes de diciembre, el máximo valor con 2083.90 mg/l en el estanque 2, para el mismo mes se registró 2015.20 mg/l en el estanque 5, en lo que respecta al estanque 1, éste presentó el valor más bajo con 1794 mg/l - en el mes de noviembre. Para los resultados correspondientes al potasio, se encontró que las variaciones mínimas y máximas alcanzaron valores de 24.46 y 86.02 mg/l, registrándose en los meses de diciembre y junio respectivamente (Fig. 10).

Boyd (1979), menciona que las concentraciones de potasio son normalmente altas en aguas de estanques fertilizados con estiercol. Referente a lo anterior, se encontró - que en el estanque fertilizado con abono fermentado de cerdo, se presentó el promedio mayor con 58.05 mg/l y en el - estanque 1, fertilizado con abono fermentado de borrego, - así como en el estanque 5, fertilizado con urea más fórmula compleja, se presentaron promedios similares para el potasio, con 55.64 mg/l (Fig. 11).

Provasoli (1969), encontró evidencias sobre la importancia que tiene el potasio en el crecimiento de-

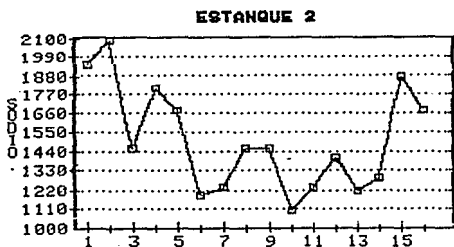
Figura 10. VARIACION DEL SODIO (mg/l).

MUESTREOS QUINCENALES.



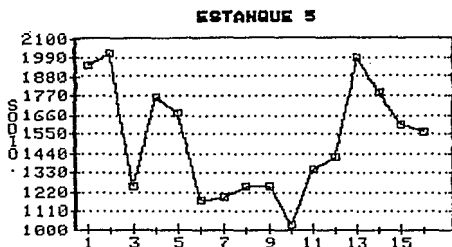
$n = 13$
 $\bar{X} = 1388.69$
 $D.ST = 318.48$
 $Max. = 1794.00$
 $Min. = 916.00$
 $C.V. = 22.93$

MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO.



$n = 13$
 $\bar{X} = 1516.68$
 $D.ST = 337.75$
 $Max. = 2083.90$
 $Min. = 1099.20$
 $C.V. = 22.26$

MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO.

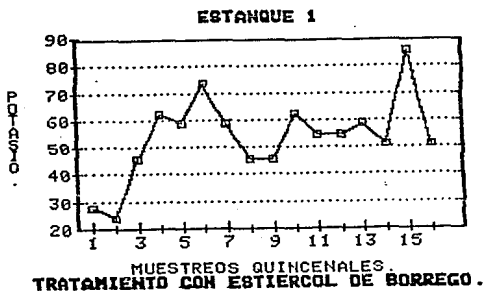


$n = 13$
 $\bar{X} = 1576.60$
 $D.ST = 326.66$
 $Max. = 2015.20$
 $Min. = 1030.50$
 $C.V. = 20.71$

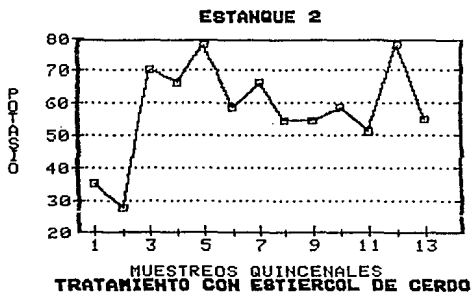
MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON U. Y F. C.

Figura 11. VARIACION DEL POTASIO (mg/l).

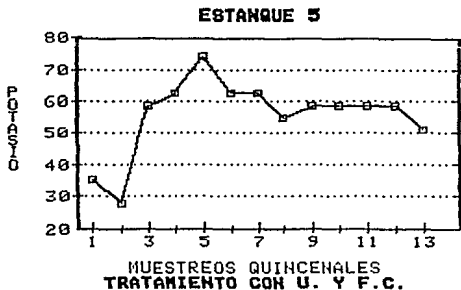
MUESTREOS QUINCENALES



n = 13
 \bar{X} = 55.64
 D.ST = 16.52
 Max. = 86.02
 Min. = 23.46
 C.V. = 29.69



n = 13
 \bar{X} = 58.05
 D.ST = 14.88
 Max. = 78.20
 Min. = 27.37
 C.V. = 25.63



n = 13
 \bar{X} = 55.64
 D.ST = 12.17
 Max. = 74.29
 Min. = 27.37
 C.V. = 21.87

las algas, principalmente de las verde-azules, además de - permitir el florecimiento de las poblaciones fitoplanctónicas y de las plantas acuáticas en general. En los estanques de estudio, se encontró que el potasio se mantuvo en un promedio aproximado de 55 mg/l para las tres unidades - experimentales. A la par de las mediciones de potasio, las mediciones de la transparencia de los cuerpos de agua con - el disco de Secchi, daban valores entre 0.60 y 0.71 m, lo que representaba, de una manera indirecta, que las pobla- ciones fitoplanctónicas presentaban una densidad conside- rable en los estanques. Reflejo, que tal vez se dió por - el efecto resultante de la acción de los fertilizantes ad- ministrados, de los cuales, entre sus componentes se en- contraba el potasio.

Una de las causas principales para que ciertos cuerpos de agua presenten altas concentraciones de io- nes, se debe a su posición geográfica y al origen del a-- fluyente abastecedor. De esta manera la salinidad tan alta encontrada en los estanques de Tezontepec, así como en la mayor parte del estado de Hidalgo, se debe al tipo de cli- ma que impera (semiárido), el cual contribuye a que la ta- sa de evaporación sea más alta que la tasa pluvial, tenien- do como consecuencia directa, una gran concentración de io- nes disueltos, tanto de los que llegan con el afluente co- mo los que se van acumulando debido a la evaporación de -- las capas superficiales del cuerpo de agua. Además, según Aguilera (com.pers.), el tipo de suelo de la zona ayuda a mantener índices altos de salinidad, ya que los suelos son

del tipo salino-sódicos.

Además de lo mencionado anteriormente, las reacciones intrínsecas de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, llevadas en conjunto con el sodio, forman una serie de compuestos químicos como el amonio, ácido carbónico, carbonato ácido de sodio y carbonatos sódicos, lo cual ayuda a mantener un alto grado de sodio en el sistema por la formación de éstos compuestos. Y cuando tales compuestos químicos interactúan con la fotosíntesis, se lleva a cabo la liberación del sodio hacia el medio (Aguilera, com. pers.), incrementándose la concentración de sodio en los cuerpos de agua. Como los estanques de cultivo se fertilizaron diario (cinco días a la semana), las poblaciones de fitoplancton se vieron incrementadas, motivo por el cual, la fotosíntesis fué alta en las horas luz del día, acción que posiblemente ayudó a que se diera la liberación del sodio hacia el medio, ya que este elemento se registró a niveles mayores de 2 mg/l.

La presencia de los compuestos mencionados, principalmente los carbonatados, manifiestan alcalinidad en el medio acuático (Boyd, 1979). Para los estanques, se encontró que los bicarbonatos fueron los compuestos que más prevalecieron, comparándose con los valores de pH registrados (8.5-9.0), y sólo cuando el carbonato sódico imperó como compuesto carbonatado, el pH se incrementaba, llegando en el sistema a valores de 9.6 registrado en el estanque 2, 9.4 en el estanque 1 y 9.2 en el estanque 5, -

manteniéndose estos valores por poco tiempo.

Para las altas concentraciones de sodio registradas, se observó a simple vista, que no existieron problemas en las poblaciones de peces, ya que estos presentaban apariencia normal y un alto grado de adaptación hacia los niveles de salinidad.

Las concentraciones de sodio medidas, se presentaron para ser un parámetro característico del agua de la Granja Piscícola de Tezontepec. A causa de que sus niveles son muy altos (+ 2 mg/l), se hacen necesarios estudios que se enfoquen específicamente hacia las variaciones que puede ejercer este elemento en el crecimiento de los peces en cultivo y su relación química con otros elementos de importancia en el sistema.

b) Parámetros no conservativos

TRANSPARENCIA

La transparencia del agua en los estanques de cultivo, puede obedecer a tres causas principales:

i) Aporte de altas concentraciones de sustancias húmicas.

A pesar de que las sustancias húmicas no afectan directamente a los peces, se estima que esta condición no es adecuada, ya que las aguas que presentan concentraciones elevadas de ácidos húmicos son distróficas debido a la acidez, con bajo nivel de nutrimentos y una penetración limitada de luz, lo cual restringe marcadamente la productividad primaria, además de ocultar el efecto de los diferentes fertilizantes (Boyd, 1982).

ii) Partículas de arcilla en suspensión.

La turbidez causada por partículas de arcilla, rara vez es alta para dañar directamente a los peces. Si por alguna razón los estanques reciben gran cantidad de partículas de arcilla, estas tienden a aglomerarse en el fondo de los estanques, destruyendo a las comunidades bénticas, fuente de alimento natural para los peces. Por otra parte, las partículas que permanecen en suspensión restringen la penetración de la luz y limitan el crecimiento del plancton y por consecuencia también la productividad primaria (Boyd, op.cit.).

iii) Producción planctónica.

La fuente más importante para proveer alimento suplementario a los organismos en cultivo, lo constituye sin lugar a duda el plancton, que forman la base de la trama --trófica, por lo que implica una estrecha relación con los --rendimientos pesqueros, sobre todo de aquellas especies que son consumidoras primarias o fitófagas, excluyendo a las --herbívoras, que consumen macrofitas acuáticas o terrestres (Swingle y Smith, 1938; Boyd, 1982).

De las características favorables que el plancton proporciona a un sistema, se encuentra que estimula el crecimiento de los peces, propicia niveles de turbidez en el --agua como para prevenir el crecimiento de plantas acuáticas indeseables a través de la sombra producida (Smith y Swin--gle, 1941). Barica (1975), Almazan y Boyd (1978), mencionan que la visibilidad del disco de Secchi, brinda una estima--ción de la transparencia del agua, la cual está generalmente relacionada con la abundancia del plancton. Boyd y Lichtko--ppler (1979), discuten las dificultades para establecer una turbidez ideal de plancton en el cultivo de peces. Sin em--bargo, mencionan que una visibilidad dentro del intervalo --de 30 a 60 cm, es generalmente adecuado para obtener una --buena producción de peces y para evitar el crecimiento de --plantas acuáticas indeseables.

Con respecto a las mediciones realizadas de trans--parencia en los tres sistemas (estanques), se encontró una marcada diferencia en sus valores a través de las estacio--

nes del año que fueron cubiertas en el ciclo de estudio . Presentandose en las estaciones de verano-primavera la - transparencia menor y para otoño-invierno la transparencia mayor, generalizando estos valores dos grandes épocas, una de ellas cálida y la otra fría respectivamente. Para la - época fría, se sabe que la velocidad metabólica de los organismos de cualquier sistema acuático se inhibe, mante---niendose a causa de ello una transparencia mayor y que al elevarse la temperatura se favorece el crecimiento de los organismos, incrementandose la turbidez del cuerpo de agua.

Para el sistema, los cambios en la transparencia estuvieron relacionados por el efecto causado con el aumento de nutrimentos (N, P y K principalmente), resultado de los tratamientos de fertilización. En base a lo anterior, la tendencia de la transparencia medida para cada uno de - los regímenes de fertilización, se encontró que el estanque 2 presentó los valores menores, el estanque 1 los valores - medios y el estanque 5 los valores mayores. Y dado que la - transparencia es una medida indirecta de la productividad primaria, esta se mantuvo estrechamente relacionada a sus fluctuaciones.

Para la época cálida, en el estanque 2 se presentó la transparencia menor, manteniendose el efecto hasta el otoño, en tanto que los estanques 1 y 5 presentaron diferencias en sus valores, con un incremento en la transparencia y una consecuente disminución de la productividad hacia el final de la estación. Permaneciendo los valores menores en

el estanque 5 .

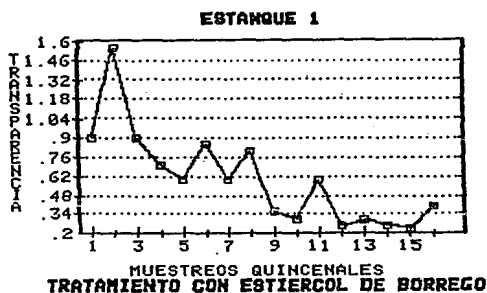
Para la época fría, el estanque 2 mantuvo los valores más altos en la transparencia tanto para otoño como - para invierno. El estanque 5 presentó los valores medios y el estanque 1 los niveles inferiores, con una productividad mayor (Fig. 12).

En el caso de los sistemas investigados, el plancton fué el recurso primario para la transparencia registrada. Donde para el mes de noviembre, época en que se inició el experimento, se registró en el estanque 5 la mayor transparencia con 1.65m y al finalizar el mes de febrero último mes frío, se notó un incremento en la turbidez, llegando - hasta un mínimo de transparencia en los meses de junio y - julio, últimos meses del experimento con 0.15m , registrandose este valor en los estanques 2 y 5.

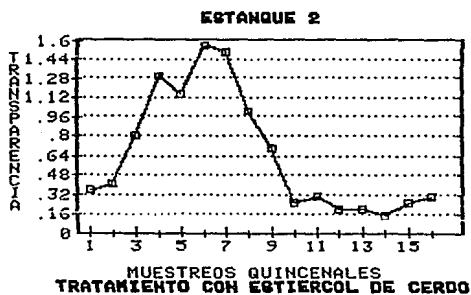
En relación a lo anterior, Boyd (1982), menciona que la visibilidad del disco de Secchi, puede ser usada pa-
ra determinar si un programa de fertilización es efectivo en un estanque. Si la visibilidad después de la aplicación del fertilizante tiene una lectura dentro del intervalo de seado (30-60 cm), el programa es bueno. En base a esto, se observó que el programa de fertilización llevado, mantuvo a las poblaciones planctónicas en densidades considerables, librando a los estanques de plantas acuáticas indeseables, además de brindar una fuente de alimento natural a los peces en cultivo. Y que a pesar de las fluctuaciones presentes en los estanques, la transparencia no manifestó variación significativa alguna.

Figura 12. VARIACION DE LA TRANSPARENCIA (m).

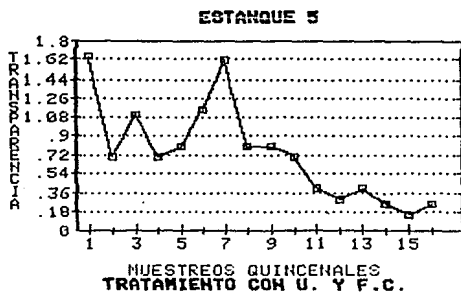
MUESTREOS QUINCENALES



n = 16
 \bar{X} = 0.60
 D.ST = 0.35
 Max. = 1.55
 Min. = 0.23
 C.V. = 58.33



n = 16
 \bar{X} = 0.62
 D.ST = 0.51
 Max. = 1.55
 Min. = 0.15
 C.V. = 82.25



n = 16
 \bar{X} = 0.71
 D.ST = 0.46
 Max. = 1.65
 Min. = 0.15
 C.V. = 64.78

OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto es una de las variables más críticas en la calidad del agua para el cultivo de peces. Los problemas con las concentraciones de oxígeno disuelto, no son frecuentes en estanques fertilizados. Sin embargo, cuando el cultivo de peces se intensifica a través del suministro de alimento suplementario, surgen problemas con el incremento en la captación del oxígeno disuelto por los organismos en frecuencia y severidad (Boyd, 1982).

Por otro lado, una caída brusca en el contenido de oxígeno en un sistema de policultivo, puede llegar a ser catastrófico, sobre todo cuando se manejan densidades altas de individuos por metro cuadrado; mayor de dos, debido a que la capacidad de carga máxima de los estanques no permite introducir esta densidad (Arredondo, com.pers.). Aunque existen otros tipos de procedimientos, que permiten el cultivo de peces a altas densidades, como lo es el uso de aereadores y adecuadas tasas en el recambio de agua.

En los registros quincenales de oxígeno disuelto, se encontraron algunas variaciones. De los valores se observó, que en el mes de noviembre, inicio del estudio, el valor mínimo de oxígeno fué de 1.6 mg/l (22%), concentración que no es aceptable para el cultivo de peces, aunque en realidad, estos valores no fueron problema para el sistema, ya que no se mantuvieron por tiempos prolongados. Para el resto del ciclo de estudio, se estableció un promedio gene-

ral del 100% de saturación en el sistema de cultivo y con un promedio de 18 °C en la temperatura de los cuerpos de agua (Figs. 13 y 14).

Para los registros de los ciclos de 24 horas de oxígeno, se encontraron diferencias significativas en los valores ($P < 0.01$). En la capa superficial las diferencias se encontraron para: Las estaciones del año (invierno, primavera y verano), Regímenes de fertilización (bioabono de borrego, cerdo y abono inorgánico de urea más fórmula compleja), horas del día (ocho intervalos de tres horas c/u), estación del año para los regímenes de fertilización y estación del año por hora del día.

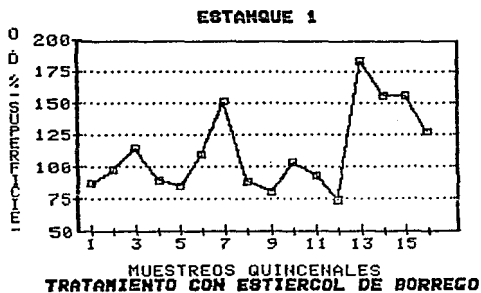
Para la capa del fondo, se encontraron diferencias en: Las estaciones del año, horas del día y estaciones del año por hora del día.

El patrón de fluctuación de las concentraciones máximas y mínimas del oxígeno disuelto, encaja con lo mencionado por Boyd (1979). Donde las concentraciones de oxígeno no fueron bajas por la mañana, registrándose un mínimo del 22% en saturación justo antes de la salida del sol, incrementándose durante las horas luz del día, hasta un máximo de más del 100% para nuestro caso antes de la puesta del sol, posteriormente se observó un decremento en los valores de oxígeno durante la noche (Fig. 15).

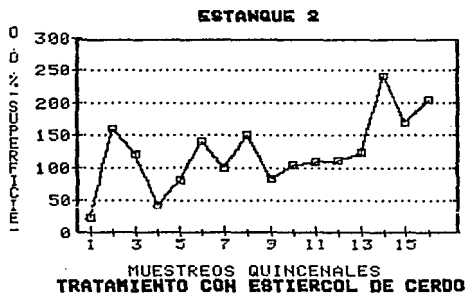
Diversos experimentos con carpas de Israel, reportan que el crecimiento del pez decrece si la concentración

Figura 13. VARIACION DEL PORCIENTO DE SATURACION DE OXIGENO EN LA SUPERFICIE.

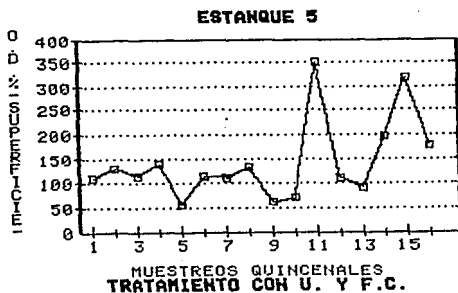
MUESTREOS QUINCENALES.



n = 16
 \bar{X} = 112.19
 D.ST = 33.22
 Max. = 184.00
 Min. = 74.00
 C.V. = 29.61



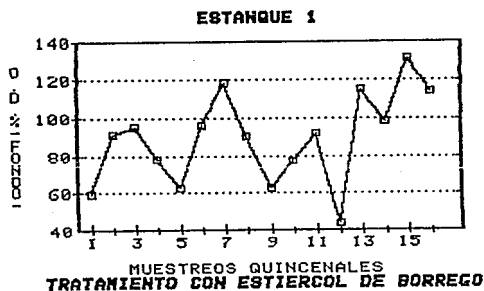
n = 16
 \bar{X} = 122.88
 D.ST = 55.89
 Max. = 242.00
 Min. = 22.00
 C.V. = 45.48



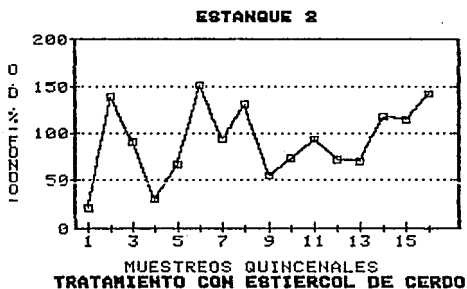
n = 16
 \bar{X} = 142.94
 D.ST = 83.66
 Max. = 351.00
 Min. = 56.00
 C.V. = 58.52

Figura 14. VARIACION DEL PORCIENTO DE SATURACION DE OXIGENO EN EL FONDO.

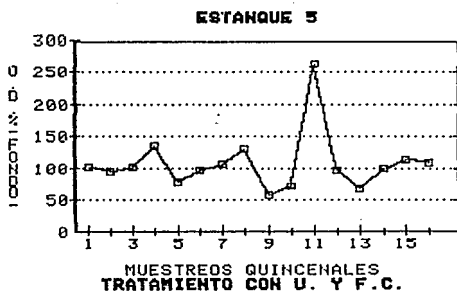
MUESTREOS QUINCENALES



n = 16
 \bar{X} = 88.88
 D.ST = 24.13
 Max. = 131.00
 Min. = 44.00
 C.V. = 27.14

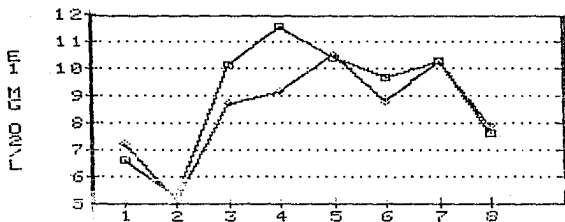


n = 16
 \bar{X} = 91.06
 D.ST = 39.08
 Max. = 151.00
 Min. = 20.00
 C.V. = 42.91

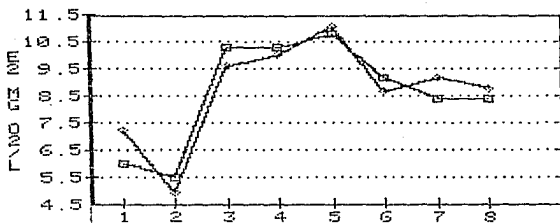


n = 16
 \bar{X} = 107.94
 D.ST = 46.66
 Max. = 264.00
 Min. = 57.00
 C.V. = 43.22

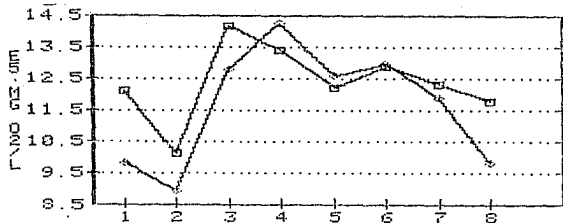
Figura 15. VARIACIONES EN LAS CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO (mg/l), PARA LOS CICLOS DE 24 HRS. EN LA ESTACION DE INVIERNO.



Estanque No.1



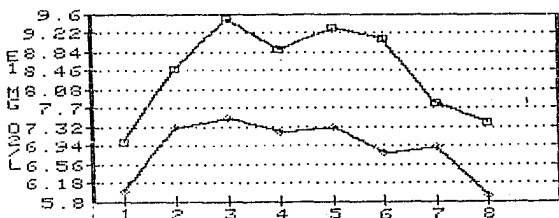
Estanque No.2



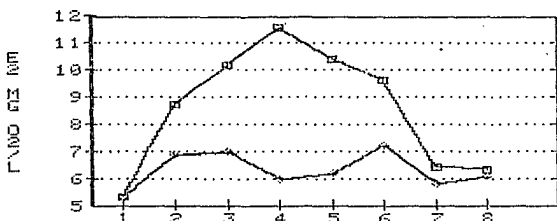
Estanque No.5

1=04 hrs, 2=07 hrs, 3=10 hrs, 4=13 hrs,
5=16 hrs, 6=19 hrs, 7=22 hrs, 8=01 hrs.

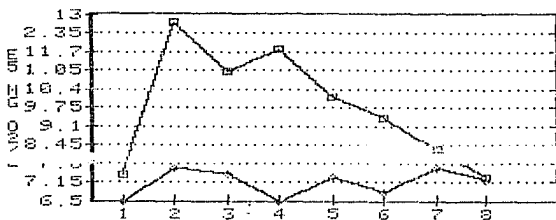
Figura 15. VARIACIONES EN LAS CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTADO (mg/l) PARA LOS CICLOS DE 24 HRS. EN LA ESTACION DE PRIMAVERA



Estanque No.1

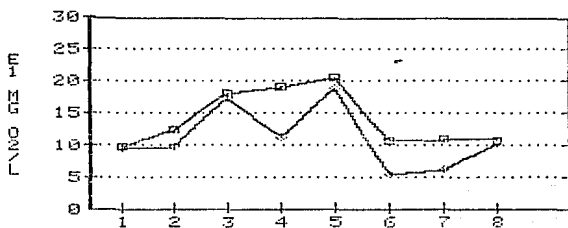


Estanque No.2

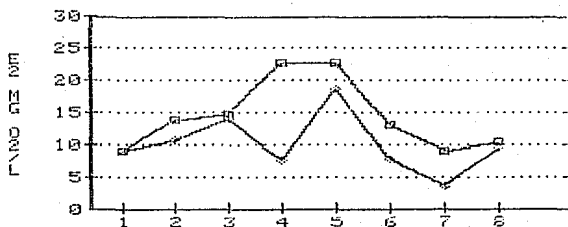


Estanque No.5

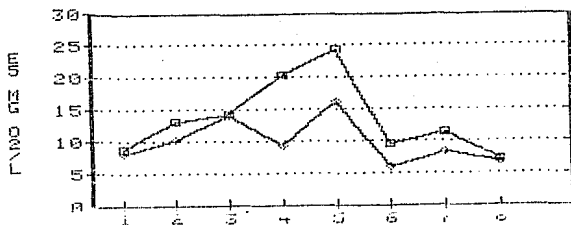
Figura 15. VARIACIONES EN LAS CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO (mg/l) PARA LOS CICLOS DE 24 HRS. EN LA ESTACION DE VERANO.



Estanque No.1



Estanque No.2



Estanque No.5

de oxígeno en las aguas de los estanques desciende a valores menores del 25% de saturación justo a la salida del -- sol (Rappaport, et.al., 1976). De los valores registrados para el oxígeno disuelto, se encontró que sólo en el mes -- de noviembre se presentó en el estanque 2 el 22% en saturación. Para las tres estaciones consideradas (invierno, primavera y verano), se presentaron los niveles menores de oxígeno justo al amanecer (04-07 hrs.). Con un efecto que fué mayor en la estación de primavera, que en invierno y que -- en verano. En el estanque 2, se registró el mayor número -- de fluctuaciones en las concentraciones de oxígeno disuelto, aunque para este mismo sistema se midió una productividad primaria mayor, en comparación a los estanques 1 y 5.

La resistencia a las bajas concentraciones de oxígeno, depende de la especie que se cultive y para el caso -- particular de las carpas, se ha observado que estas presentan una gran resistencia a las bajas concentraciones de dicho gas, como lo señala Doudoroff y Schumway (1970), los -- cuales reportan algunas concentraciones letales de oxígeno para especies de carpas asiáticas (Tabla 10).

Itazawa (1971. Fide: Boyd y Lichtkoppler, 1979), indica que el nivel mínimo para mantener un máximo de alimentación, crecimiento y eficiencia de conversión de alimento es de 3 mg/l (41%), para carpas y aproximadamente a -- 21.5°C. Las concentraciones de oxígeno disuelto en el ciclo de estudio se presentaron adecuadas para los peces y sólo la temperatura tuvo valores menores a los señalados por --

Tabla 10. Concentraciones letales de oxígeno disuelto para algunas especies de ciprínidos aiféticos (Modificada de Boyd, 1982).

ESPECIE	mg/l
Carpa dorada	0.1 - 2.0
Carpa herbívora	0.2 - 0.6
Carpa espejo	0.2 - 0.8
Carpa plateada	0.3 - 1.1

Itazawa, ya que los cuerpos de agua mantuvieron un promedio de 18 °C, con un máximo de 26 y un mínimo de 12.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua - de los estanques es la función principal del metabolismo de las plantas acuáticas. La población fitoplanctónica tiene - el papel dominante en la dinámica del oxígeno disuelto en - los cuerpos de agua (Abeliovitch, 1967), ya que la produ- ción más importante de oxígeno es el que se encuentra du- rante la fotosíntesis por este tipo de organismos. Para el sistema se registró en la época de verano los mayores nive- les de oxígeno superficial, los cuales se presentaron en la mañana (10-13 hs) y en la tarde (16-19 hs) produciéndose de una manera independiente al régimen de fertilización, estas concentraciones. Para el estrato del fondo fué en el atarde- cer cuando se presentaban los niveles más altos, los nive- les intermedios de oxígeno se presentaron en invierno y pri- mavera, principalmente en el estanque tratado con fertili- zante inorgánico de una manera independiente a la hora del día. Aunque la tasa fotosintética presenta factores que con- trolan la concentración de oxígeno producido en el sistema, tales factores incluyen a la temperatura, luz, concentración de nutrientes, especies de plantas, abundancia de plantas, turbulencia y algunos factores de menor importancia (Boyd, 1982).

La saturación de oxígeno en el agua de los estan- ques, ocurre normalmente durante las horas de luz del día - a causa de la fotosíntesis del fitoplancton. Mc Kee y Wolf (1963), reportan para estanques de cultivo, que las carpas

expuestas a 150% de saturación de oxígeno adquieren con mayor facilidad enfermedades que las carpas expuestas a 100-125% de saturación. Así los peces mueren cuando la concentración de oxígeno alcanza 300% de saturación, para este caso el efecto letal se atribuye a las burbujas de oxígeno encontradas al rededor de las branquias.

Del análisis de nuestros datos, se encontró que el registro más bajo de saturación fué de 22% (1.6 mg/l) y el valor máximo fué de 351% (24.5 mg/l), presentando los peces un aspecto y comportamiento normal. Cuando se alcanzó el valor máximo en la saturación no existió muerte alguna a causa de las burbujas de oxígeno en las branquias de los peces, pues se encontró que las saturaciones para los valores máximos y mínimos no se mantuvieron por tiempos prolongados (menor a las 3 hrs.). Contando además, que en los estanques la población de fitoplancton produce su propia sombra debido a su densidad, con lo cual usualmente limitan la penetración de luz restringiendo una fotosíntesis rápida y con esto la saturación de oxígeno en las capas superficiales. Por lo tanto, si la saturación con oxígeno en las aguas superficiales alcanza niveles peligrosos, en cualquier cuerpo de agua, los peces pueden moverse hacia las partes más profundas donde la saturación de oxígeno son menores, así los altos niveles de este gas podrían unicamente amenazar a los organismos que se encuentren restringidos a la superficie por falta de movilidad.

NITRITOS

Todos los pasos del ciclo del nitrógeno, que se presentan en cuerpos de agua natural, ocurren igualmente en los estanques de cultivo para peces. En contraste con el ciclo de fósforo, el ciclo del nitrógeno dentro de los estanques, es regulado principalmente por la actividad biológica (Boyd, 1982).

El agua de los estanques, se enriquece de nitrógeno principalmente por dos fuentes: Por medio de la fijación del nitrógeno atmosférico y por la descomposición de la materia orgánica. El nitrógeno se puede encontrar combinado en cinco formas diferentes: Como amonio (NH_4^+), hidroxilamina (NH_2OH), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y el contenido en las partículas orgánicas (Wetzel, 1975).

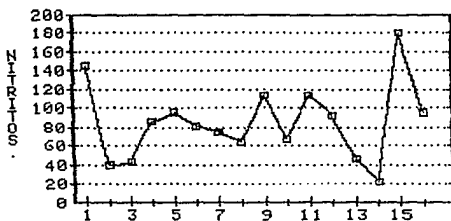
Las proporciones entre las distintas formas del nitrógeno, son expresiones de la marcha de los procesos biológicos. Aunque, regularmente se puede encontrar que la concentración relativa de amonio y de nitritos sea mayor donde la descomposición de materia orgánica es más activa, es decir, cerca del fondo o en aguas profundas donde se haya el nivel mínimo de oxígeno (Margalef, 1977).

Comparando los gráficos de oxígeno disuelto (Fig. 13), y de nitritos (Fig. 16), se puede observar que los valores más bajos de nitritos se presentaban cuando la saturación con oxígeno disuelto se incrementaba. Asimismo, como resultado de esta acción, se encontró un aumento en la con-

Figura 16. VARIACION DE NITRITOS (NO_2^-) ($\mu\text{g/l}$).

MUESTREOS QUINCENALES

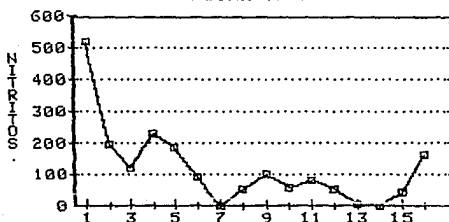
ESTANQUE 1



n = 15
 \bar{X} = 84.81
 D.ST = 42.20
 Max. = 180.20
 Min. = 21.20
 C.V. = 49.75

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO.

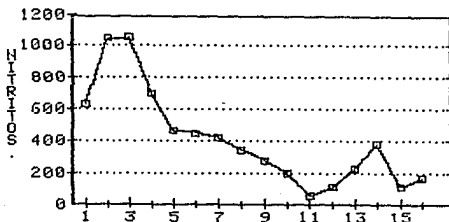
ESTANQUE 2



n = 15
 \bar{X} = 118.45
 D.ST = 132.69
 Max. = 519.40
 Min. = 0.00
 C.V. = 112.02

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO.

ESTANQUE 5



n = 15
 \bar{X} = 411.77
 D.ST = 318.53
 Max. = 1056.50
 Min. = 56.50
 C.V. = 77.35

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON U.Y.F.C.

centración de los nitratos, que es precisamente la forma más oxidada del nitrógeno (Margalef, op.cit.). De los datos obtenidos, se llegó a registrar en los estanques 2 y 5 los valores más altos en nitratos, con diferencia significativa de ($P < 0.01$). Los valores más bajos los presentó el estanque 1, con un coeficiente de variación de 49.75% y un valor de significancia de ($P > 0.05$), en relación únicamente con el estanque 2.

Los valores registrados en los estanques de cultivo no alcanzaron 1 mg/l de nitritos. El estanque 5 fué el que presentó las concentraciones más altas, contando con un máximo de 411.77 $\mu\text{g/l}$ de NO_2^- , el estanque 2 presentó los valores medios con un máximo de 118.45 $\mu\text{g/l}$, y el estanque 1 los valores menores con un máximo de 84.41 $\mu\text{g/l}$.

Por otra parte, Boyd (1979), indica que los nitritos pueden ser un factor limitante para la producción de peces en los estanques debido a su toxicidad. Una concentración elevada de nitritos, tiene un efecto fisiológico negativo en los peces y cuando este es absorbido reacciona con la hemoglobina, formando un compuesto llamado metahemoglobina. Y dado que este compuesto no es un transportador de oxígeno, la absorción continua de nitritos puede acarrear la muerte de los organismos por hipoxia.

Las fuentes precisas que aportan un exceso de nitritos en los estanques, todavía no están bien identificados y algunos autores como Boyd (1982), sugieren que los -

nitritos se originan a partir de la reducción de los nitratos, ocasionada por bacterias anaeróbicas presentes en el agua o en los sedimentos del estanque. Huey et.al. (1980), mencionan que una de las causas que incrementan la concentración de nitritos se encuentra en relación directa con el amonio, producto de desecho mayor de los peces, el cual es convertido en nitritos por las bacterias. Y que concentraciones tan bajas como 1 mg/l de nitritos resultan en porcentajes altos de metahemoglobina en los peces.

Para el sistema, no se registraron valores de nitritos con alcance tóxico, presentandose durante el ciclo de experimentación margenes de seguridad para los organismos en cultivo, contando además con la ayuda de algunos iones, los cuales son comunes en estos sistemas, como lo son el cloruro de sodio, cloruro de potasio y bicarbonato de sodio, quienes manifiestan reacciones antagónicas hacia la inducción de los nitritos en metahemoglobina (Huey, op.cit.).

NITRATOS

La mayoría de nitrógeno enlazado en la materia orgánica, existe como grupo amino dentro de las proteínas. Estas entran a un proceso de amonificación a través de la actividad microbiana, por medio del cual el nitrógeno amoniacal es producido. Debido a este proceso, el amoniaco es liberado hacia el medio (mineralizado), o es asimilado por el tejido microbial. La oxidación del nitrógeno amoniacal hacia nitratos, es realizado por bacterias quimiosintotróficas,

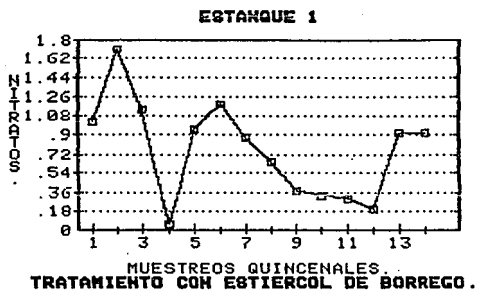
primeramente por nitrosomonas y por nitrobacter para el segundo paso, para este proceso usan NH_4^+ y NO_2^- respectivamente como recurso energético y el CO_2 como un recurso de carbón. Boyd (1979), menciona que la nitrificación se lleva a cabo más rápido a pH 7-8, y a una temperatura de 25-35 °C.

Se ha encontrado que las concentraciones de nitratos se incrementan en estanques fertilizados (Zeller, 1952; Boyd, 1976). Acción que presumiblemente se tendría que presentar en nuestro sistema al aplicarles los abonos. Aunque, en realidad las concentraciones promedio evaluadas, estuvieron por debajo del promedio de nitratos del agua sin fertilizar (1.13 mg/l).

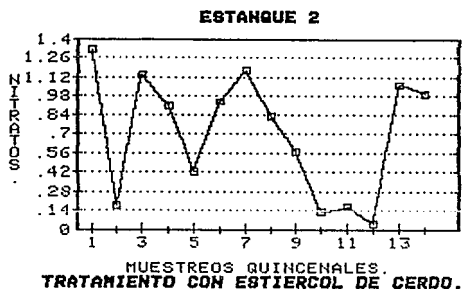
Para los estanques de cultivo, se presentó un promedio aproximado de 8 para el pH y una temperatura de 18°C, los cuales al reaccionar conjuntamente con el oxígeno disuelto, mantuvieron los niveles de nitratos superiores a las concentraciones de nitritos. Las concentraciones más altas de los nitratos se detectaron en la parte superior de los cuerpos de agua, debido a la elevación de la temperatura ambiental y por efecto directo de la oxigenación producida por la fotosíntesis.

En realidad, las concentraciones promedio de los nitratos medidos, fueron mayores en los estanques fertilizados con abono orgánico, presentandose el valor más alto en el estanque 1 con 0.75 mg/l, 0.70 mg/l en el estanque 2 y 0.59 mg/l para el estanque 5, fertilizado con abono inorgánico (Fig. 17). Estas mediciones, resultaron ser mayores a

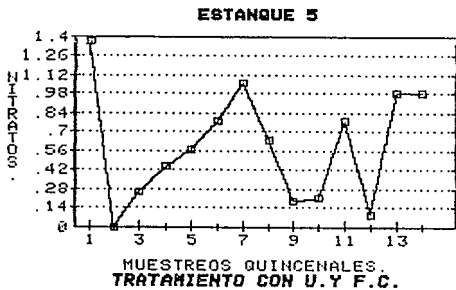
Figura 17. VARIACION DE NITRATOS (NO_3^-) (mg/l).
MUESTREOS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = 0.75
 D.ST = 0.46
 Max. = 1.71
 Min. = 0.06
 C.V. = 61.33



n = 14
 \bar{X} = 0.70
 D.ST = 0.44
 Max. = 1.32
 Min. = 0.04
 C.V. = 62.85



n = 14
 \bar{X} = 0.59
 D.ST = 0.41
 Max. = 1.36
 Min. = 0.00
 C.V. = 69.49

las reportadas por Zeller (1952), para estanques fertilizados, ya que él encontró 0.25 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$ después de la aplicación del fertilizante. Como medida de comparación Boyd (1976), registró 0.075 mg/l de $\text{NO}_3\text{-N}$ para estanques no fertilizados.

En lo que respecta a la toxicidad de los nitratos, solo pueden ser un problema potencial en sistemas reciclados, donde grandes niveles pueden acumularse a causa de la nitrificación del nitrógeno amoniacal (Boyd, 1982). Para el caso de las unidades experimentales, existió un flujo de agua (1-2 l/s) casi continuo, el cual no permitía la acumulación de desechos o elementos tóxicos.

AMONIO

En cualquier cuerpo de agua, el efecto del amoniacó es un factor importante para ser considerado. El amoniacó se encuentra en la mayoría de las aguas como un producto normal de la degradación biológica de las proteínas. El aporte más común del amoniacó en el agua viene de los afluentes alimentadores, las excreciones de los peces y por la fertilización ya sea orgánica o inorgánica.

En 1913, fué mostrada la toxicidad del amoniacó para los peces, el cuál se ve afectado considerablemente por los valores altos de pH en el agua, pero no fué sino hasta 1947 cuando Wuhrmann, Zihender y Woker, en un estudio demostraron que la fracción no ionizada del amonio NH_3 era tóxica para los peces, y que la fracción ionizada NH_4^+ , te

nía poca o ninguna toxicidad (Alabaster y Lloyd, 1980).

La técnica de análisis utilizada en nuestro estudio mide el nitrógeno amoniacal total, o sea $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$. Barrera y colaboradores (inédito), mencionan que los valores del amoniaco se reducen notablemente y que sería solo el -- 10.56 % del valor reportado en estos sistemas de cultivo.

Para los estanques no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) para los valores de amonio registrados. Aunque el estanque 5, presentó el promedio más alto con 0.26 mg/l, 0.12 mg/l como valor medio para el estanque 2 y 0.07 mg/l como valor mínimo, en el estanque 1 (Fig. 18).

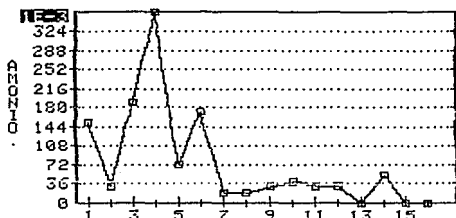
El estanque 2 registró el coeficiente de variación mayor con 175% y el estanque 5 el más bajo con 126.92%. Los estanques 1 y 2 mostraron, que las fluctuaciones para el amonio total fueron altas entre los meses de noviembre prolongándose estas hasta el principio de febrero y de este -- mes hacia el final del estudio se tendió a una estabilización. En contraste, el estanque 5 presentó pulsos muy marcados con picos altos, sin alcanzar niveles tóxicos, probablemente debido a que el pH, factor estrechamente relacionado con las fluctuaciones del amonio en los cuerpos de agua, no presentó variaciones en sus valores, lo cual ayudó a mantener un nivel de equilibrio entre las concentraciones de -- $\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$, como opinan Wuhrman y Woker (1948).

Las lecturas presentadas son por lo tanto, para -- el nitrógeno amoniacal total y no únicamente para el amoniaco. Por lo que los niveles de NH_3 que se encontraron en el

Figura 18. VARIACION DE LA CONCENTRACION DE AMONIO
($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$) (mg/l).

MUESTREOS QUINCENALES

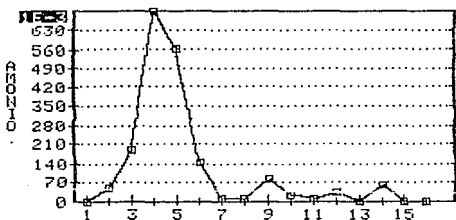
ESTANQUE 1



n = 16
 \bar{X} = 0.07
 D.ST. = 0.10
 Max. = 0.36
 Min. = 0.00
 C.V. = 142.85

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO.

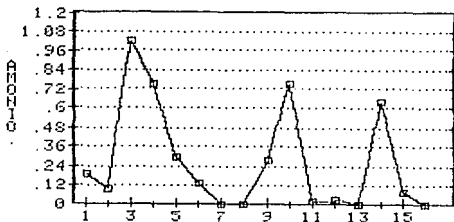
ESTANQUE 2



n = 16
 \bar{X} = 0.12
 D.ST. = 0.21
 Max. = 0.70
 Min. = 0.00
 C.V. = 175.00

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO.

ESTANQUE 5



n = 16
 \bar{X} = 0.26
 D.ST. = 0.33
 Max. = 1.02
 Min. = 0.00
 C.V. = 126.92

MUESTREOS QUINCENALES.
 TRATAMIENTO CON U. Y F. C.

sistema de cultivo, se mantuvieron en un intervalo de tolerancia adecuado para el crecimiento de los peces.

Kempinska (1968), recomienda que el amoniaco no debe ser usado como fertilizante para estanques de cultivo si los valores de pH en el agua excede de 8.5. En la calidad del agua para los estanques, se registró un valor de 7.6-8.0 para el pH antes fertilizar y después de la fertilización con abono orgánico e inorgánico, se registró el valor más alto con 9.6 y el más bajo con 8. Encontrandose que los organismos en cultivo, presentaron una aparente tolerancia hacia los niveles de amonio medidos.

Vamos (1963), registró que la concentración de amoniaco requerido para que la carpa común entre en un estado de stress es de 0.5 mg NH₃/l, en un estudio de unicamente pocas horas de duración. Flis (1968), también trabajó con carpa común, en agua templada con 11°C, encontrando un 16% de mortalidad, en concentraciones de amoniaco de 1.3 mg NH₃/l en uno de los estudios, y 18% de mortalidad con 0.9 mg NH₃/l en otro, durante un periodo de 10 días. En este experimento fué sumado amonio como hidróxido de amonio, con valores de pH de 8.3 y 8.7.

En otro experimento Flis (1968), encontró un 8% en la mortalidad de la carpa común, en un periodo de 35 días a 0.11 mg NH₃/l, de esta manera para una segunda serie con la misma concentración no encontró mortandad alguna.

En relación a lo anterior, el valor máximo de ni trógeno amoniacal total encontrado fué de 1.02 mg/l en el -

estanque 5. De los cuales el 10.56% que corresponde a la -- concentración de amoniaco, según Barrera (inédito), será so lo de 0.01 mg/l, encontrandose por mucho, alejado de las -- concentraciones con alcance tóxico.

Vamos y Tasnadi (1967), hicieron algunas observa_ ciones sobre la mortandad de la carpa en estanques de culti vo. Encontrando que esta empieza cuando la concentración de amoniaco alcanza los 0.5 mg NH₃/l, con un nivel de oxígeno disuelto de 6 mg/l, pero cuando la concentración de oxígeno estuvo en 2 mg/l, el nivel letal del amoniaco era solo de - 0.2 mg NH₃/l.

Para esto Alabaster y Lloyd (1980), mencionan que la carpa común es una de las especies más resistentes a las altas concentraciones de amoniaco (NH₃). Se presenta según The European Inland Fisheries Advisory Commission (1973),- un nivel tóxico de NH₃ para cortos periodos de exposición, usualmente entre los 0.6 y 2 mg/l. Valores que por mucho se alejan de los registrados en cada una de las unidades experi- mentales, aunque para el cultivo se encontraba a la carpa espejo y no la carpa común, las cuales presentan una biolo- gía similar, ya que la carpa espejo es una variante de la - común.

ORTOFOSFATOS

Generalmente se acepta que el fósforo es uno de - los elementos que más tienden a escapar en los suelos y -- por lo consiguiente en la mayoría de los cuerpos de agua -

dulce (Boyd, 1979).

Las concentraciones de fósforo se obtienen de diferentes fuentes, tales como la del fósforo orgánico disuelto o soluble, el cual se deriva de las excreciones y la descomposición de los organismos muertos, además del que se encuentra en el protoplasma de los organismos acuáticos y la de los polifosfatos inorgánicos que a menudo son depositados en los estanques por medio de los afluentes, siendo hidrolizados a ortofosfatos a través de la actividad microbiana.

De todos los compuestos del fósforo, los iones de ortofosfatos solubles son la forma más simple, resultado del producto de la ionización del ácido ortofosfórico (H_3PO_4). Las concentraciones de fósforo en el agua generalmente son bajas y como consecuencia las concentraciones de ortofosfatos solubles varían entre 5 y 20 mg/l y rara vez sobrepasan 0.1 mg/l como fósforo (P) aún en aguas eutróficas, en donde sus niveles tienden a ser mayores. Por lo regular, en aguas naturales existe una concentración de fósforo total no mayor de 1.0 mg/l (Boyd, 1982).

Diversas experiencias encauzadas a la fertilización de estanques de cultivo con fósforo, señalan que la producción de peces se ve aumentada directamente, ya que la mayoría de las aguas responden favorablemente con una elevada productividad del fitoplancton y zooplancton (Mortimer, 1954; Hutchinson, 1967; Nickling, 1962; Hepher, 1962b y Lee, 1970).

De los tres minerales nitrógeno, fósforo y potasio comúnmente administrados como fertilizantes, el fósforo es el más efectivo en los estanques (Hepher, 1962), ya que el papel fisiológico del fósforo le permite estar principalmente, en la formación de compuestos ricos en energía (ésteres fosfóricos), clave para el metabolismo de las células - (Kusnetov, 1970; Margalef, 1977; Boyd, 1979).

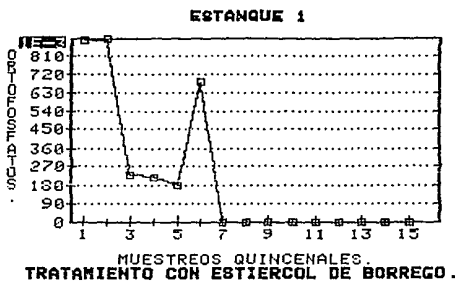
En los estanques estudiados, sólo se determinaron las concentraciones de ortofosfatos solubles, presentandose en el estanque 5 el promedio más alto con 0.51 mg/l, seguido del estanque 2 con 0.26 mg/l y con 0.19 mg/l el estanque 1. De los tres estanques, los tratados con bioabono de borrrego y cerdo registraron un decremento casi continuo para los valores de ortofosfatos, hasta llegar a cero en su concentración (Fig. 19).

El descenso de los ortofosfatos, fué provocado -- probablemente, al bajo contenido en fósforo y a la alta demanda de este elemento por las plantas acuáticas, principalmente en los periodos de mayor crecimiento del fitoplancton. Para el sistema, éstos periodos coincidieron en los meses -- de mayor temperatura ambiental (abril, mayo, junio y julio).

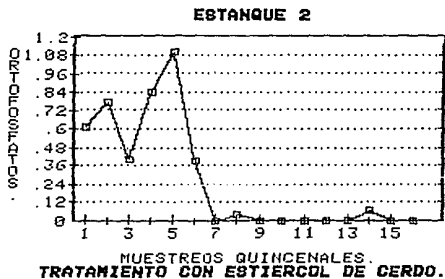
La brusca caída de los ortofosfatos hasta 0.0 mg/l para los estanques 1 y 2, se presentó a finales del mes de febrero, con un ligero aumento en el mes de junio para el -- estanque 2. El coeficiente de variación fué alto para los -- estanques, con 173.64% para el 1 y 142% para el 2. En con-- traste, el estanque 5 tratado con fertilizante inorgánico,

Figura 19. VARIACION DE ORTOFOSFATOS (mg/l).

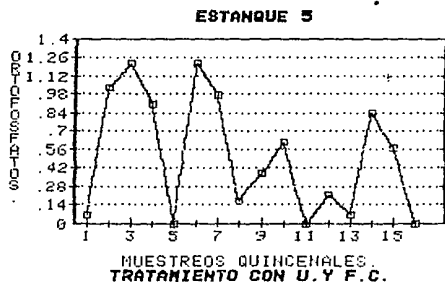
MUESTRAS QUINCENALES



n = 16
 \bar{X} = 0.19
 D.ST. = 0.33
 Max. = 0.90
 Min. = 0.00
 C.V. = 173.68



n = 16
 \bar{X} = 0.26
 D.ST. = 0.37
 Max. = 1.10
 Min. = 0.00
 C.V. = 142.00



n = 16
 \bar{X} = 0.51
 D.ST. = 0.46
 Max. = 1.21
 Min. = 0.00
 C.V. = 90.19

alcanzó 0.0 mg/l sólo en los meses de enero, abril y julio, con un coeficiente de variación de 90.19%, para ser el estanque con menor variación para éste parámetro.

La caída de los ortofosfatos en los tres estanques, principalmente los tratados con bioabono, se pudo haber llevado por la rápida absorción del fósforo por las poblaciones presentes de bacterias, fitoplancton y macrofitas (Rigler, 1956, 1964; Hayes y Phillips, 1958). Hepher (1958), menciona que los lodos adsorben rápidamente el fósforo que no es absorbido por las plantas, siendo éste otro medio por el cual los ortofosfatos solubles declinan. Tomándose en cuenta que aproximadamente el 90% de los ortofosfatos administrados a este tipo de sistemas son adsorbidos por los lodos, si no se tuviese una fertilización diaria (Kimmel y Lind, 1970. Fide: Boyd, 1982).

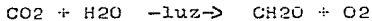
Margalef (1977) y Boyd (1978, 1982), también encontraron que en los estanques fertilizados, el fósforo se va acumulando en los lodos o sedimentos, aunque los ortofosfatos solubles estarán a disposición de todos los procesos biológicos del sistema, con posibilidades de aumentar la fertilidad con resultados positivos. Además, encontraron que los fertilizantes orgánicos regularmente tienden a descomponerse de una manera rápida, liberándose los nutrientes con facilidad, lo cual permite brotes de plancton en poco tiempo y, que su grado de fertilización es bajo y grandes cantidades son requeridas para suministrar los nutrientes que se pueden encontrar en pequeñas cantidades de fertili-

zantes químicos (Schroeder, 1974), como el formado por urea más fórmula compleja.

Debido a que el fósforo es un elemento indispensable en el metabolismo de los organismos acuáticos más importantes. Se encontró que la administración de fertilizantes en el sistema de cultivo, ayudó a mantener una productividad tal, que pudo soportar de manera directa o indirecta el crecimiento de las poblaciones de peces.

6.2. Productividad primaria

Muchas de las propiedades no conservativas del agua, están relacionadas con la actividad de los organismos fotoautotróficos, de los cuales se pueden incluir a las macrofitas acuáticas, algas bénticas, fitoplancton, algas filamentosas y ciertos tipos de bacterias. La fotosíntesis, es el proceso por el cual el bióxido de carbono es convertido a compuestos orgánicos:



La fotosíntesis ocurre en presencia de luz, clorofila y ciertas enzimas (Stickney, 1979), y la tasa de producción de esta depende de la cantidad de clorofila utilizable. El crecimiento de plantas de cierta clase son frecuentemente deseables para los estanques de cultivo, aunque pueden surgir problemas si tipos de plantas no deseables se desarrollan en los cuerpos de agua. Para la mayoría de las estrategias acuaculturales, las macrofitas y algas filamen-

tosas deben ser erradicadas y en su lugar estimular el desarrollo del fitoplancton, lo cual puede ser logrado a través del manejo y fertilización de los estanques.

Un aspecto fundamental que debe considerarse en el cultivo de peces y que reviste especial importancia en los sistemas de cultivo, es el hecho de incrementar la producción mediante una mejor utilización del alimento natural. El cual es producido directamente en los estanques y que puede reemplazar a la costosa alimentación complementaria, debido a que el alimento natural es rico en proteínas, vitaminas y otros factores que ayudan al crecimiento de los peces (Hepher y Pruginin, 1985). Nielsen (1960), reporta que el cultivo de ciertas carpas con diferentes hábitos alimenticios en un sistema de policultivo, resulta en un notable incremento de la producción y una eficiencia mayor en la explotación del alimento natural como recurso en los estanques, que es una condición necesaria para este tipo de sistemas.

La conveniencia de incrementar la producción del alimento natural en los cuerpos de agua, recae en la posibilidad de aumentar la tasa de siembra de organismos y en la obtención de una producción mayor. De esta manera la introducción de fertilizantes químicos, abonos orgánicos o ambas cosas ayudan a aumentar la producción del plancton en los sistemas de cultivo (Hepher y Pruginin, op.cit.).

Tanto los minerales suministrados por los fertilizantes, como la luz son utilizados por el fitoplancton en -

la fotosíntesis. Y cuando los minerales están presentes en concentraciones suficientes, la densidad del fitoplancton - en el agua del estanque se incrementa, dándose como resultado adjunto una reducción notable en la transparencia (Heppher y Pruginin, op.cit.), además de que se produce uno de los recursos más importantes del sistema, el oxígeno. Los factores que controlan la tasa fotosintética y la cantidad de oxígeno, incluyen a la temperatura, luz del día, concentración de nutrientes, especies de plantas, abundancia de plantas, turbulencia y algunos otros factores de menor importancia (Boyd, 1979).

La producción de oxígeno por el fitoplancton es muy alta, en especial cerca de la superficie de los cuerpos de agua y, decrece conforme aumenta la profundidad. Los estanques con gran densidad de fitoplancton, tienen altas producciones en las tasas de oxígeno disuelto, en comparación a los estanques con menor abundancia; aunque el oxígeno, se puede producir a grandes profundidades en los estanques con menor densidad de fitoplancton, debido a que este tipo de cuerpos de agua presentan una transparencia mayor donde la luz penetra a profundidades superiores, la cual se logra captar por los organismos fotosintetizadores que se encuentran a esos niveles, manifestándose como acción directa de su metabolismo, la liberación de oxígeno hacia el medio (Boyd, op.cit.).

En relación a lo anterior, es importante desde un punto de vista conceptual, entender las formas en las cua-

les la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos puede ser medida y debido a que la fertilización orgánica - e inorgánica es cada vez más aceptada y practicada por los acuiculturistas, se hacen necesarias las determinaciones sobre la productividad primaria en los medios de producción. La productividad de fitoplancton a sido medida directa e indirectamente de varias maneras (Strickland, 1960).

La técnica que se utilizó en los estanques, fué - la de botellas claras y oscuras, basandonos en el método - mencionado por Boyd (1979). Las profundidades de incubación a las que se colocaron las botellas, fueron 0.10-0.15 m para la superficie y 1.80 m para el fondo, con dos replicas - para cada nivel.

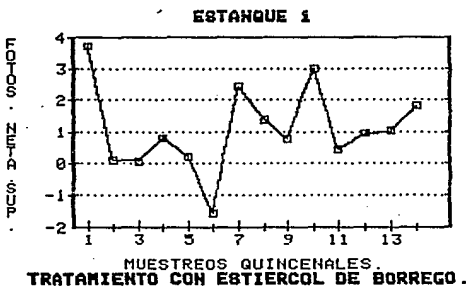
De las estimaciones de la productividad del sistema, se encontró que existieron valores positivos y negati--vos en los resultados de la fotosíntesis neta, bruta y res--piración.

Para la fotosíntesis neta se registró el mínimo - valor positivo en el mes de diciembre, representado por - 3.71 mg/l C/3 hrs en el estanque 1, 5.29 mg/l C/3 hrs para el mismo mes en el estanque 2 y 6.38 mg/l C/3 hrs en el es--tanque 5 para el mes de mayo. Los meses que registraron las tāsas mínimas negativas para la fotosíntesis neta, fueron - enero con -1.43 mg/l C/3 hrs en el estanque 5, febrero con -1.61 mg/l C/3 hrs en el estanque 1 y -1.20 mg/l C/3 hrs - para el mes de marzo en el estanque 2 (Figs. 20 y 21).

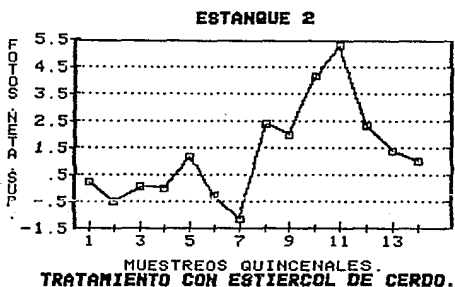
Figura 20.

VARIACION DE LA FOTOSINTESIS NETA EN LA SUPERFICIE
(mg/l C/3 hrs.)

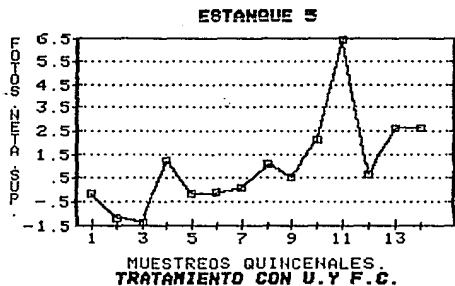
MUESTREOS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = 1.08
 D.ST = 1.35
 Max. = 3.71
 Min. = -1.61
 C.V. = 125.00



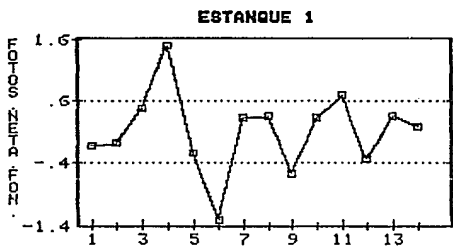
n = 14
 \bar{X} = 1.28
 D.ST = 1.83
 Max. = 5.29
 Min. = -1.20
 C.V. = 142.96



n = 14
 \bar{X} = 1.00
 D.ST = 1.99
 Max. = 6.38
 Min. = -1.43
 C.V. = 199.00

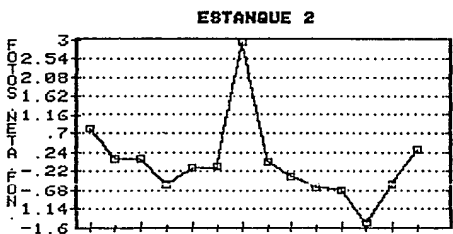
Figura 21. VARIACION DE LA FOTOSINTESIS NETA EN EL FONDO
(mg/l C/3 hrs.)

MUESTREOS QUINCENALES



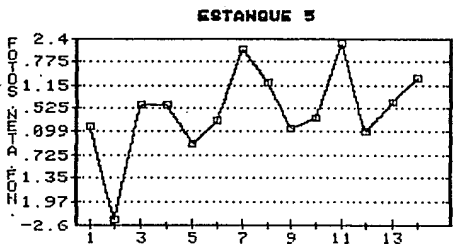
MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE BORREGO.

n = 14
 \bar{X} = 0.12
 D.ST = 0.65
 Max. = 1.50
 Min. = -1.31
 C.V. = 541.66



MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON ESTIERCOL DE CERDO.

n = 14
 \bar{X} = -0.02
 D.ST = 1.01
 Max. = 2.96
 Min. = -1.46
 C.V. = 505.00



MUESTREOS QUINCENALES.
TRATAMIENTO CON U. Y F. C.

n = 14
 \bar{X} = 0.49
 D.ST = 1.20
 Max. = 2.25
 Min. = -2.48
 C.V. = 244.89

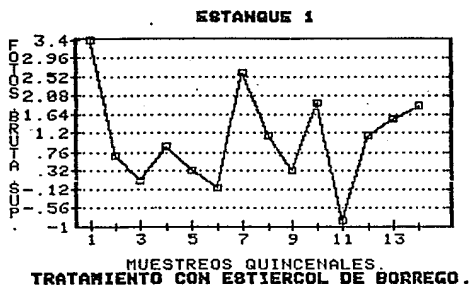
Para la fotosíntesis bruta se registró en el mes de diciembre 3.38 mg/l C/3 hrs en el estanque 1, 3.75 mg/l C/3 hrs en el estanque 2 al inicio del mes de junio y 4.84 mg/l C/3 hrs hacia finales del mismo mes en el estanque 5. En el mes de marzo se encontró la tasa mínima para la fotosíntesis bruta, con -0.94 mg/l C/3 hrs registrado en el estanque 2, -0.86 mg/l C/3 hrs para el estanque 1 en el mes de mayo y -0.56 mg/l C/3 hrs en el estanque 5 presentandose este valor en el mes de febrero (Figs. 22 y 23).

En lo que se refiere a la respiración, esta presentó sus valores positivos máximos en los meses de diciembre con 2.36 mg/l C/3 hrs en el estanque 2, febrero con 1.50 mg/l C/3 hrs para el estanque 1 y abril con 2.55 mg/l C/3 hrs en el estanque 5. Los valores mínimos se presentaron en el mes de enero con -1.27 mg/l C/3 hrs. para el estanque 5, -2.74 mg/l C/3 hrs en el estanque 2 para el mes de mayo y -1.27 mg/l C/3 hrs en el estanque 1 para el mismo mes. Se encontró que el coeficiente de variación para este parámetro fué muy alto, enmarcando el estanque 1 el valor mayor con 3100%, seguido del estanque 2 con 644.44% y 214.58% para el estanque 5 (Figs. 24 y 25).

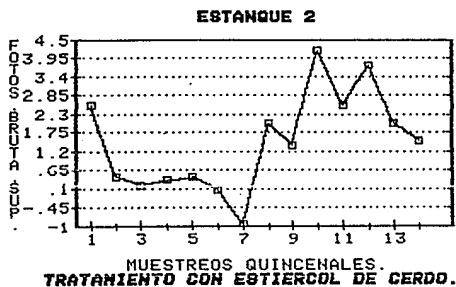
Para el estrato del fondo, se registraron valores menores en comparación al estrato superficial, con un máximo de 2.96 mg/l C/3 hrs y un mínimo de -2.48 mg/l C/3 hrs para la fotosíntesis neta; para la fotosíntesis bruta se encontró un máximo de 2.96 mg/l C/3 hrs, valor que coincidió con el de la fotosíntesis neta, y el mínimo valor registra-

Figura 22. VARIACION DE LA FOTOSINTESIS BRUTA EN LA SUPERFICIE
(mg/l C/3 hrs.)

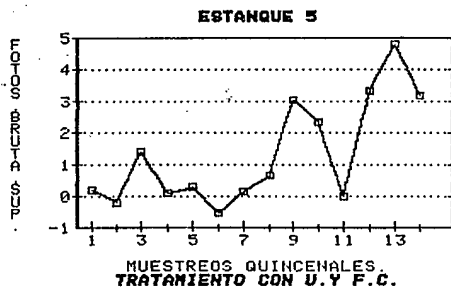
MUESTREOS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = 1.06
 D.ST = 1.13
 Max. = 3.38
 Min. = -0.86
 C.V. = 106.60



n = 14
 \bar{X} = 1.20
 D.ST = 1.27
 Max. = 3.75
 Min. = -0.94
 C.V. = 105.83

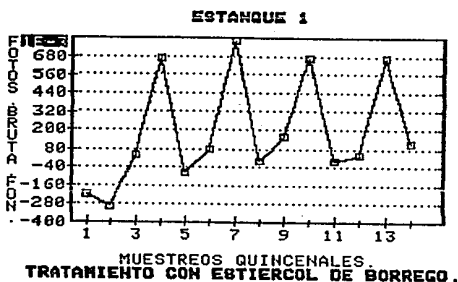


n = 13
 \bar{X} = 1.45
 D.ST = 1.72
 Max. = 4.84
 Min. = -0.56
 C.V. = 118.62

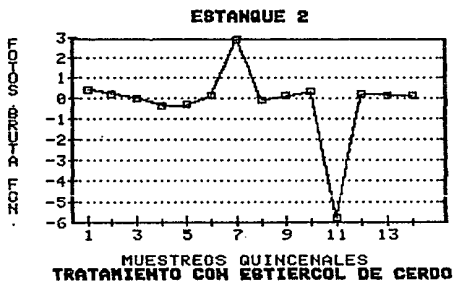
Figura 23.

VARIACION DE LA FOTOSINTESIS BRUTA EN EL FONDO
(mg/l C/3 hrs).

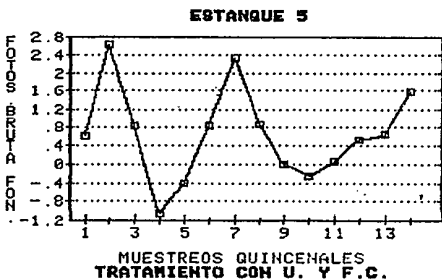
MUESTREOS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = 0.19
 D.ST. = 0.36
 Max. = 0.79
 Min. = -0.30
 C.V. = 189.47



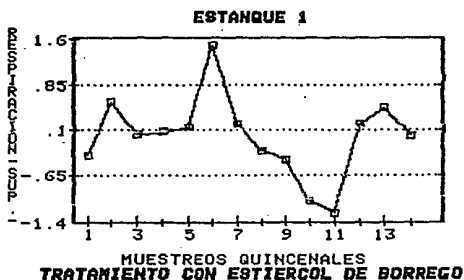
n = 14
 \bar{X} = -0.12
 D.ST. = 1.82
 Max. = 2.96
 Min. = -5.91
 C.V. = 1516.66



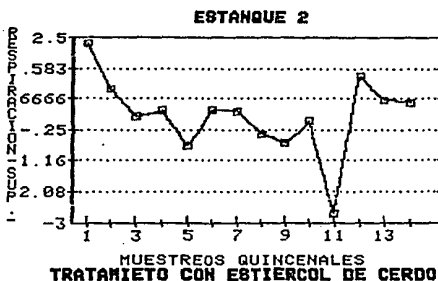
n = 13
 \bar{X} = 0.70
 D.ST. = 1.03
 Max. = 2.63
 Min. = -1.05
 C.V. = 147.14

Figura 24) VARIACION DE LA RESPIRACION EN LA SUPERFICIE
(mg/l C/3 hrs.)

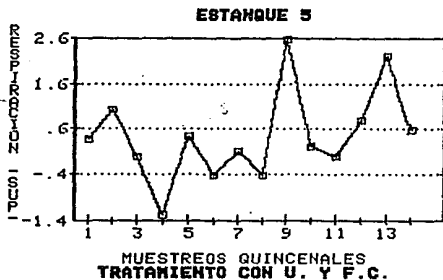
MUESTROS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = -0.02
 D.S.T. = 0.68
 Max. = 1.50
 Min. = -1.27
 C.V. = 3400.00



n = 14
 \bar{X} = 0.18
 D.S.T. = 1.26
 Max. = 2.36
 Min. = -2.74
 C.V. = 644.44

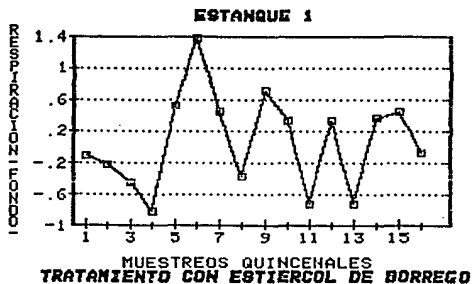


n = 13
 \bar{X} = 0.48
 D.S.T. = 1.03
 Max. = 2.55
 Min. = -1.27
 C.V. = 214.58

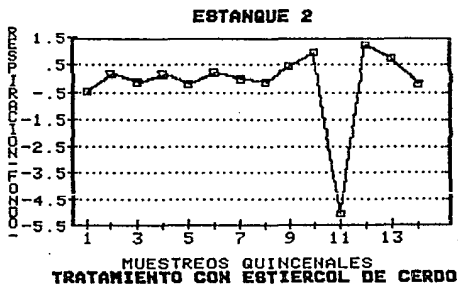
Figura 25_p

VARIACION DE LA RESPIRACION EN EL FONDO
(mg/l C/3 hrs).

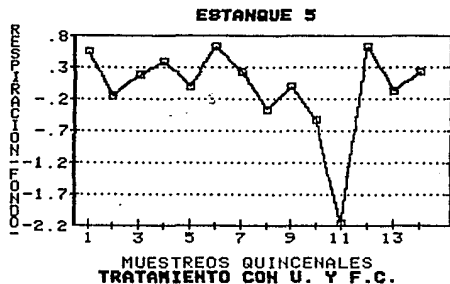
MUESTREOS QUINCENALES



n = 14
 \bar{X} = 0.10
 D.S.T. = 0.61
 Max. = 1.39
 Min. = -0.83
 C.V. = 610.00



n = 14
 \bar{X} = -0.13
 D.S.T. = 1.50
 Max. = 1.24
 Min. = -5.10
 C.V. = 1153.84



n = 13
 \bar{X} = -0.03
 D.S.T. = 0.74
 Max. = 0.64
 Min. = -2.18
 C.V. = 2466.66

do para este parámetro fué de -5.81 mg/l C/3 hrs; la respiración llegó a un máximo de 1.39 mg/l C/3 hrs y a un mínimo de -5.10 mg/l C/3 hrs. Todos los datos obtenidos del estrato superficial y del estrato del fondo se sometieron a una prueba de "T" y a un análisis de varianza para conocer si existían diferencias significativas entre los estratos y entre los estanques, manifestandose un valor de significancia de ($P > 0.05$), para estas pruebas.

Los resultados medidos para la fotosíntesis en los primeros cuatro meses del estudio, fueron generalmente bajos, debido a que en esta etapa del estudio existió la menor incidencia solar y la temperatura más baja, registrando se un promedio alrededor de 13.5 °C. Durante el invierno, la temperatura del agua de los estanques es relativamente baja ($10-18$ °C), como es conocido el metabolismo y el crecimiento de los peces de agua templada, como los que componen el policultivo, se reducen en bajas temperatura, y las necesidades de alimentación en esta estación son mínimas. Además, el efecto de los fertilizantes en estas condiciones se restringe, principalmente debido al uso limitado del alimento natural por los peces (Hepher y Pruginin, 1985).

Las fluctuaciones de las curvas de productividad bruta y neta, presentan cierta similitud en su comportamiento, con un aumento general en las tasas fotosintéticas durante los meses de mayo, junio y principios de julio, en conexión con los ascensos de la temperatura en el agua de los estanques, en forma paralela al cambio en la actividad

metabólica de las poblaciones fotosintetizadoras con el -- cambio de clima; se encontró también. que las tasas máximas de productividad, ocurrieron en las capas superficiales -- (10-15 cm), dado que el porcentaje de radiación solar incidente es más aprovechado a estos niveles de profundidad por los organismos autotróficos (Noriega, 1979).

Una causa importante que se cree causó heterogeneidad en las tasas de productividad en los estanques, fué la diferencia en la asimilación de nutrientes por los organismos autotróficos. De los tres minerales principales (N, P y K), que componen a los fertilizantes administrados, el fósforo es el más efectivo en las estanquerías (Hepher, -- 1962). En relación a esto, se encontró que el estanque 5 -- presentó el promedio mayor en la concentración de este elemento (0.51 mg/l) y en la productividad bruta también (4.84 mg/l C/3 hrs), debido probablemente a la fertilización llevada por el compuesto químico de urea más fórmula compleja.

Con respecto a la densidad de plancton Hepher -- (op.cit.), menciona que la reducción de la penetración de la luz, causada por la abundancia, viene a limitar el factor de producción neta. Cuando los estanques son sistemas eutróficos, el tiempo de incubación de las botellas claras y oscuras, deberá restringirse a menos de dos horas, para evitar la excesiva saturación de oxígeno y prevenir la formación de burbujas, las cuales actúan en la inhibición de la fotosíntesis. Por otro lado Yentsch (1974), encontró que el proceso fotosintético se abate al mediodía cuando se alcan-

za el máximo de radiación solar. En nuestro estudio, el periodo de incubación se efectuó durante la mayor insolación del día, lo que explicaría las bajas tasas de producción registradas, además de que el tiempo empleado en la incubación fué de tres horas. Por tal motivo, se cree que los valores negativos citados anteriormente para la fotosíntesis neta, bruta y respiración, se debieron posiblemente a la inhibición y/o saturación de la fotosíntesis por la luz, motivado por la duración del periodo de incubación. Thomasson (1956) Fee (1973) y Vollenweider (1974), señalan que los valores negativos pueden ser provocados por la acción de los rayos ultravioleta, sobre todo en los periodos de mayor insola-

ción.

Por otro lado, el aumento en la abundancia del fitoplancton, puede incrementar la producción del oxígeno por la fotosíntesis, con un resultante aumento en la producción y elevadas tasas de respiración (Hepher, 1962; Boyd, 1979). De lo cual Jana (1978), menciona que la tasa de respiración algal, no cambia drásticamente durante un ciclo de 24 horas, con un resultado de uniformidad para toda la columna de agua. De esta manera, el balance del oxígeno disuelto puede ser influenciado no solo por las algas, sino probablemente también y en mayor proporción por la respiración de las bacterias, sobre todo cuando la comunidad bacteriana es dominante en los estanques, acción que presumiblemente sucede en aquellos que son fertilizados con abono orgánico.

Jorgensen y Nielsen (1960. Fide: Nielsen, 1960),-

discuten que de una u otra forma, la luz podría ser útil para reducir la actividad bacteriana en las botellas con muestras de agua. Y que probablemente más de una causa puede -- ser encontrada, ya que algunas especies de bacterias presentes de manera usual con las algas planctónicas, son en definitiva influenciadas por la luz débil filtrada a través de la capa de vidrio de la botella. Doty (1958), encontró que las bacterias se desarrollan con mayor celeridad en las botellas oscuras, mientras Vaccaro y Ryther (1954), no registraron diferencia alguna entre las dos clases de botellas -- por lo que supusieron que posiblemente la concentración de algas planctónicas es de importancia para que se desarrolle la actividad bacteriana.

En un medio luminoso, la actividad de las algas -- puede perturbar el metabolismo bacteriano, de manera que -- las bacterias respiran menos en presencia de luz, lo cual hace aumentar ligeramente la producción. Bajo una luz regularmente intensa, la producción neta suele quedar entre el 60 y el 90% de la bruta; condición encontrada en nuestro -- sistema aunque definitivamente, esta relación siempre dependerá de los organismos presentes (Margalef, 1983).

Por otra parte, es conocido que las bacterias en las muestras de agua, tienden a proliferar cuando la muestra es encerrada en los frascos, debido al efecto de las paredes del frasco (Zobell y Anderson, 1936; Zobell, 1943. Fide: Strickland, 1960). Por ello, es de esperarse, que de la naturaleza de los experimentos con botellas claras y obscu-

ras, se haya encontrado que la respiración bacteriana revierte considerable importancia.

De los resultados obtenidos en el estudio y de lo mencionado por otros autores, se encuentra que la técnica - de botellas claras y oscuras utilizada en estanques de cultivo, principalmente en los del tipo intensivo; que son fertilizados con abono orgánico o inorgánico y los cuales tienden a ser fuertemente eutróficos. Se obtendrán valores relativos para la productividad, con esta técnica debido entre otras causas, a los efectos de la respiración por las bacterias en las botellas oscuras, al crecimiento de células en las botellas claras, al efecto de la respiración en las dos botellas por el incremento de la temperatura, al efecto de la actividad metabólica de los organismos que quedan atrapados en las muestras de agua y que no pertenecen al fitoplancton, etc., (Pratt y Berkson, 1959. Fide: Hefner, 1962). Debido a lo anterior y en base a los resultados obtenidos, se puede decir que es un método, que no representa suficiente precisión en aguas con grandes poblaciones de fitoplancton y con altas producciones de oxígeno disuelto, lo que limita el uso de las botellas claras y oscuras en este tipo de sistemas de cultivo (Wrobel, 1970; Strickland, 1960).

6.3. Relación peso-longitud y crecimiento

Durante el crecimiento, los peces típicamente pasan a través de diferentes estados (Vaznetov, 1953). Donde cada uno de estos, puede tener su propia relación peso-longitud.

gitud. O sea, que cada período de vida de un pez, es llevado por un carácter particular de crecimiento. De esta manera, el período de mayor crecimiento lineal usualmente ocurre antes de la madurez. Durante esta etapa, el crecimiento de los peces está estrechamente relacionado con el suministro de alimento, encontrándose por lo tanto, sujetos a grandes fluctuaciones (Nikolsky, 1963).

Backiel y Stegman (1968. Fide: Hepher y Pruginin, 1985), encontraron que en el transcurso del desarrollo, ciertos factores afectan a la tasa de crecimiento individual de los peces, como: Aquellos relacionados con los peces en sí, debido a sus características genéticas y su estado fisiológico (estado de salud, madurez sexual, etc.), y aquellos relacionados con el medio, de los cuales los más importantes son; la composición química del agua y del fondo, temperatura del agua, nivel de metabolitos (productos de excreción) y el alimento disponible.

Si estos factores se presentaran dentro de los intervalos óptimos y llegasen a satisfacer los requerimientos fisiológicos, los peces en el cultivo podrían alcanzar su potencial máximo de crecimiento (Hepher y Pruginin, op.cit.)

Por lo regular, el peso de los organismos, se toma como un criterio de cosecha para la mayoría de las piscifactorías comerciales y es frecuentemente la forma en la cual la cosecha es reportada como el peso de la captura.

La relación peso-longitud en los peces, general--

mente se expresa como:

$$W = aL^b$$

$$\text{ó } \log W = \log a + b \log L$$

(en forma logarítmica)

Donde W es el peso, L la longitud, b es un exponente con un valor entre 2 y 4, frecuentemente cercano a 3. El valor b= 3 indica, que los peces crecen isométricamente y otros valores mayores indican un crecimiento del tipo alométrico si b fuese mayor a 3 (Ricker, 1971). El valor de b se determina generalmente graficando el logaritmo del peso contra el logaritmo de la longitud de los peces - muestra y la pendiente de la línea resultante en la regresión será una estimación de b. Los coeficientes a y b de la ecuación general difieren entre las especies y frecuentemente también entre las poblaciones. Dentro de cualquier estado, el coeficiente b puede, por lo regular, permanecer constante a través del tiempo y un cambio en b, es casi seguro que ocurra al tiempo de transición de un estado al siguiente. El coeficiente a, por lo contrario, frecuentemente varía estacionalmente, con el tiempo del día y de un hábitat a otro (Ricker, op.cit.).

El modelo descrito por la ecuación $W = aL^b$, se acepta como adecuado y en la práctica se ha demostrado que es suficientemente flexible para poder ser utilizado, aún con gran variación en los datos obtenidos en los muestreos.

Respecto a la relación peso-longitud de la carpa

espejo en nuestros estanques, el resultado de las relaciones aplicadas dieron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Estanque 1 : } W = 0.02619 L^{3.02}$$

$$\text{Estanque 2 : } W = 0.03362 L^{2.93}$$

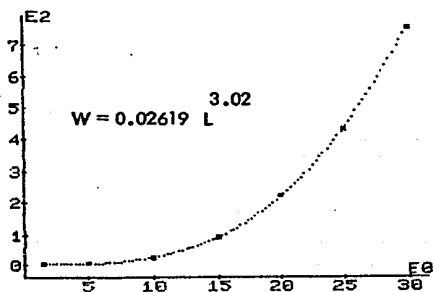
$$\text{Estanque 5 : } W = 0.0286 L^{2.99}$$

En base a estos resultados, se encontró que el crecimiento desarrollado por la carpa espejo, fué del tipo isométrico, Tomando en cuenta el criterio establecido por Ricker (1971) y Nikolsky (1963), quienes señalan, que en una relación peso-longitud, aquellos organismos cuya pendiente esté ligeramente alrededor de 3.0 tienen un crecimiento de éste tipo (Fig. 26).

También, se encontró que el valor del coeficiente de correlación, se acercó bastante a la unidad, con $R = 0.993$ para el estanque 1, $R = 0.979$ para el 2 y para el estanque 5 $R = 0.992$, por lo que el ajuste de los datos a la regresión se sitúan en un intervalo aceptable.

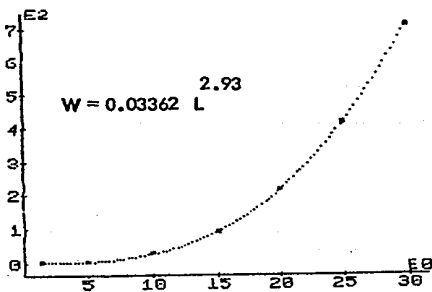
Se sabe que la mala calidad del agua es perjudicial para el cultivo de peces. Y la existencia de compuestos químicos en el agua, además de la temperatura de ésta, determinan que especies pueden cultivarse. En base a esto, se ha encontrado que la temperatura es un factor limitante en la producción piscícola. Backiel y Stegman (1968), encontraron una correlación significativa en el número de días con una temperatura ligeramente superior a los 20 °C, en

Figura 26. Relación Peso-Longitud para la Carpa Espejo
(Cyprinus carpio specularis)



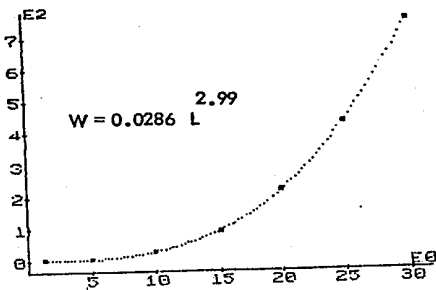
Estanque No. 1

Tratado con estiércol
fermentado de borrego



Estanque No. 2

Tratado con estiércol
fermentado de cerdo



Estanque No. 5

Tratado con urea más
fórmula compleja

particular durante los meses de julio y agosto, donde observaron que por cada día en que la temperatura sobrepasa los 20 °C, la producción de peces, en condiciones de alimentación natural aumenta de 4 - 4.7 kg/ha.

Resulta pertinente señalar, que cada especie tiene su temperatura óptima a la cual la tasa metabólica y crecimiento son máximos, por lo tanto debe tomarse en cuenta - que cuando la temperatura varía se puede afectar la tasa - de crecimiento. Para el estudio, se observó que la temperatura ciertamente fué un parámetro importante, ya que se encontró una tasa de crecimiento lenta en los meses fríos (de noviembre a febrero), los cuales presentaron un promedio de temperatura de 13.5 °C, con una transparencia alta en los - tres estanques y una concentración de oxígeno disuelto de - (+ 100%) en la columna de agua. En el mes de marzo se presentó una temperatura de 17 °C en los cuerpos de agua, lo - cual desencadenó un incremento en el metabolismo de los organismos del sistema y conforme aumentaba la temperatura -- más se favorecían los factores aprovechables por los peces.

De esta manera, hacia el final del estudio se presentaron las tasas de crecimiento más altas, con 3.1 Kg/ha/día para el estanque 1, 4.7 Kg/ha/día para el estanque 2 y 2.5 Kg/ha/día en el estanque 5. Presentándose en los estanques una temperatura mayor de 23 °C, asociada con una transparencia promedio de 0.30 m y una concentración de oxígeno disuelto aceptable para el cultivo (10 mg/l en promedio). -

Por lo tanto y retomando lo mencionado por Ricker

(1971) y Backiel y Stegman (1968), que si las condiciones - de alimentación son empobrecidas, puede ocurrir no solo una reducción de la tasa total de crecimiento de la población, sino también una mayor variabilidad del crecimiento, la cual permite la existencia de individuos con diferentes tamaños, aun siendo del mismo grupo de edad, por lo que aquellos de mayor tamaño ingresarán al siguiente estado de desarrollo, mientras que los más pequeños se retardarán en su crecimiento (Nikolky, 1963).

En base a lo anterior y principalmente por las diferencias obtenidas en los tamaños de los peces medidos, se cree debió existir una fuerte competencia por el alimento. Aparentemente la fertilización de los cuerpos de agua y el aporte de los esquilmos agrícolas, ayudarían a mantener cantidades suficientes de alimento natural como para soportar - el crecimiento de todos los organismos introducidos al sistema, pero a causa de las condiciones creadas, tal vez, por carencia de alimento, los peces de una forma general retardaron su crecimiento. Aunque para la carpa espejo los problemas de alimentación fueron menores, debido a que por sus hábitos alimenticios, esta tomó ventaja dentro del sistema de policultivo compitiendo por el alimento tanto en su hábitat como en el de las otras especies, dando como resultado, que al final del estudio fué la especie con mayor crecimiento - en comparación a las otras, salvo en el estanque 5 (Tabla - 11).

En México, existe muy poca información sobre el -

Tabla 11. RENDIMIENTO PESQUERO POTENCIAL.

RESULTADOS FINALES DEL EXPERIMENTO

Fertilizante	Estanque	Especies	Biomasa inicial (g)	Biomasa final (g)	Rendimiento Kg/Ha	Rendimiento Kg/Ha/día	Crecimiento específico	Supervivencia (%)
Barrego 827.5 l/día 249.91 l en 302 días	1	Cabazona	1261.08	278.50	616.15	2.04	1.78	93.32
		Brema	1999.87	32.80	72.56	0.24	0.93	62.21
		Espejo	1274.64	389.20	861.06	2.85	1.89	68.07
		Plateada	639.90	---	---	---	---	0.00
		Herbívora	3695.10	188.57	417.19	1.38	1.30	72.45
TOTAL			8870.59	889.07	1966.96	6.51		71.93
Cerdo 555.00 l/día 137 640 l en 248 días	2	Cabazona	1964.25	78.46	261.53	1.05	1.48	18.38
		Brema	1064.70	13.73	45.76	0.18	1.03	53.34
		Espejo	1039.00	295.06	983.33	3.96	2.27	86.33
		Plateada	518.40	22.41	74.70	0.30	1.25	60.00
		Herbívora	3622.50	110.52	368.40	1.48	1.37	81.66
TOTAL			8208.85	520.18	1733.72	6.97		69.09
Urea y F.C. 800g + 6.6 Kg/día 2286.6 Kg en 309 días	5	Cabazona	890.24	237.06	1246.37	4.03	1.77	83.09
		Brema	667.80	24.89	130.86	0.42	1.03	100.00
		Espejo	689.70	214.41	1127.28	3.65	1.74	85.62
		Plateada	249.09	15.73	82.70	0.27	0.89	64.91
		Herbívora	3879.54	66.13	347.69	1.12	0.91	52.15
TOTAL			6376.37	558.22	2934.90	9.49		73.21

crecimiento de los peces en condiciones de cultivo, que brin de una idea clara del comportamiento de este parámetro bajo distintas condiciones de fertilización para los cuerpos de - agua, de densidad y en combinación con otras especies.

Debido a ello, es deseable expresar el crecimiento del pez en un modelo matemático, donde el requerimiento bási co estará en una expresión, la cual de el tamaño (en térmi-- nos de longitud o peso), a cualquier edad dada. La mayoría - de los análisis poblacionales conciernen más directamente - con la tasa de crecimiento (incremento en el peso o longi-- tud por unidad de tiempo), tanto como en el tamaño a varias edades. Ya que muchos problemas en la valoración de las pes-- querías, son en esencia, materia de comparación en el peso ga nado por el crecimiento en relación a las pérdidas por mortaa lidad natural.

En la actualidad, existe una considerable literatura sobre modelos de crecimiento, los cuales comprenden un a mplio intervalo de posibles ecuaciones a seguir, aunque ningu no de estos parece ser satisfactorio para cubrir todas las - situaciones a las cuales son sometidos los organismos en un sistema de cultivo (FAO, 1969).

Debido a ello, se escogió la ecuación de Von Bertan lanffy (1938), ya que es el modelo más utilizado para estu-- dios de creci miento en peces, así como lo es su aplicación - en la dinámica de poblaciones y sus efectos en la regulación pesquera de la captura.

El desarrollo de la ecuación de Von Bertalanffy, -

tiene la siguiente forma en términos de peso (Ricker, 1975):

$$W_t = W_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Donde:

W_t = Es el peso del pez a la edad t

W_{∞} = Es el peso promedio máximo de la especie

k = Es la tasa de crecimiento a la cual el peso alcanza la asíntota

t = Es el tiempo

t_0 = Es el tiempo en el cual el peso del organismo es igual a cero.

Este modelo ajusta la mayoría de los datos sobre el crecimiento observado, al menos para el período comprendido después del punto de inflexión dentro de la curva de crecimiento absoluta, cuando esta ha sido alcanzada (Everhart, 1976). Ricker (1975), menciona que la expresión de la ecuación general, puede ser ajustada para los datos del peso, en la misma manera que para la correspondiente a la ecuación de longitud. Donde un gráfico del tipo Walford (1946), es desarrollado para conocer el valor de W_{∞} y de k . Además de obtener el el valor de (t_0) para cada una de las edades por medio de la ecuación:

$$t_0 = t + (1/k) \ln(1 - W_t/W_{\infty})$$

Los valores encontrados para los parámetros de la curva de crecimiento de Von Bertalanffy, para las poblaciones de carpa espejo de los estanques, se muestran en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Estanque 1: } W_t = 472.26 (1 - e^{-0.25(t-1.31)})$$

$$\text{Estanque 2: } W_t = 448.87 (1 - e^{-0.27(t-1.32)})$$

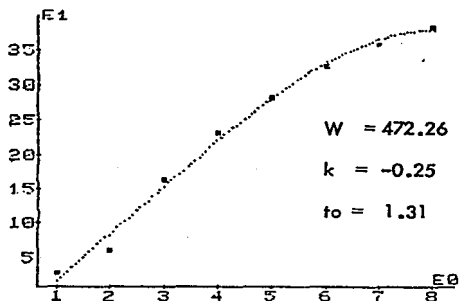
$$\text{Estanque 5: } W_t = 892.78 (1 - e^{-0.108(t-1.10)})$$

De acuerdo con el ajuste al que se sometieron los datos, el peso máximo que puede alcanzar la carpa espejo en aproximadamente ocho meses de cultivo y en condiciones de fertilización con urea más fórmula compleja es de 892.78 g. Para los tratamientos de fertilización con bioabono de borrero y cerdo, los individuos de mayor tamaño se encuentran entre los 472.26 y 448.87 g respectivamente.

En los gráficos de crecimiento (Fig. 27), se puede notar que las fluctuaciones mayores se encuentran hacia los tres últimos meses del estudio (mayo, junio y julio). Se cree que las fluctuaciones se relacionan con una posible diferencia en el aprovechamiento del alimento disponible, el que de cierta manera se manifestó en el estado fisiológico de los peces y en los valores de los factores del modelo de crecimiento, o bien, podría también atribuirse a la interacción de algunos parámetros fisicoquímicos, los cuales pueden afectar el crecimiento de los individuos de la población.

Para conocer el grado de diferencia en el crecimiento de los peces para los diferentes regímenes de fertilización, los valores obtenidos por la ecuación de Von Bertalanffy

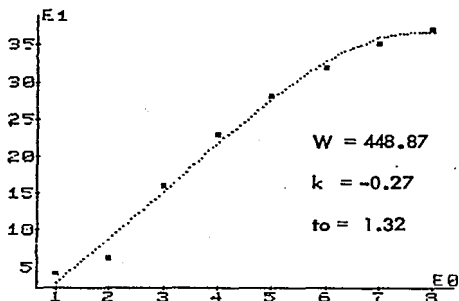
Figura 27. Ecuación de Crecimiento de Von Bertalanffy para la Carpa Espejo (Cyprinus carpio specularis).



Estanque No. 1

Tratado con estiércol fermentado de borrego

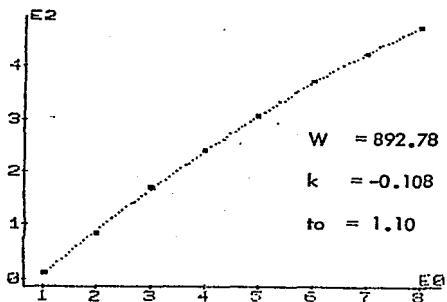
$$W_t = 472.26 (1 - e^{-0.25(t-1.31)})$$



Estanque No. 2

Tratado con estiércol fermentado de cerdo

$$W_t = 448.87 (1 - e^{-0.27(t-1.32)})$$



Estanque No. 5

Tratado con urea más fórmula compleja

$$W_t = 892.78 (1 - e^{-0.108(t-1.1)})$$

lanffy se sometieron a una prueba de χ^2 , de la cual se pudo apreciar la presencia de diferencias significativas ($P < 0.01$) para los tres tratamientos de fertilización ensayados. En base a estos resultados, se llegó a la conclusión de que el modelo de Von Bertalanffy no se ajustó a las características de crecimiento de los peces en condiciones de cultivo intensivo, como el ofrecido por el policultivo, ya que el crecimiento (tanto en peso como en longitud), de los organismos se ve afectado de manera positiva en los sistemas con una entrada constante de nutrimentos por los fertilizantes administrados y por el efecto directo de parámetros como la transparencia, temperatura, oxígeno disuelto, productividad primaria, etc. Y debido a estos factores la tasa de crecimiento en un sistema de policultivo será mayor a la representada por un sistema de monocultivo.

Debido a la dificultad de ajustar un modelo de crecimiento para la carpa espejo, a causa de su desarrollo en los sistemas de cultivo intensivo, se optó por comparar los datos del crecimiento por medio de gráficos de caja.

Dentro de las características que nos llevaron a escoger esta técnica, se encontró que este tipo de gráficos proporcionan, para nuestro caso, información general sobre el crecimiento para la población total medida (tamaño de muestra), con respecto al tiempo.

De los gráficos se puede observar, que los estanques 2 y 5 presentaron la mayor tendencia de crecimiento, encontrándose que en el estanque 1 existió un porcentaje

más alto en la heterogeneidad del tamaño de los peces (Fig. 28).

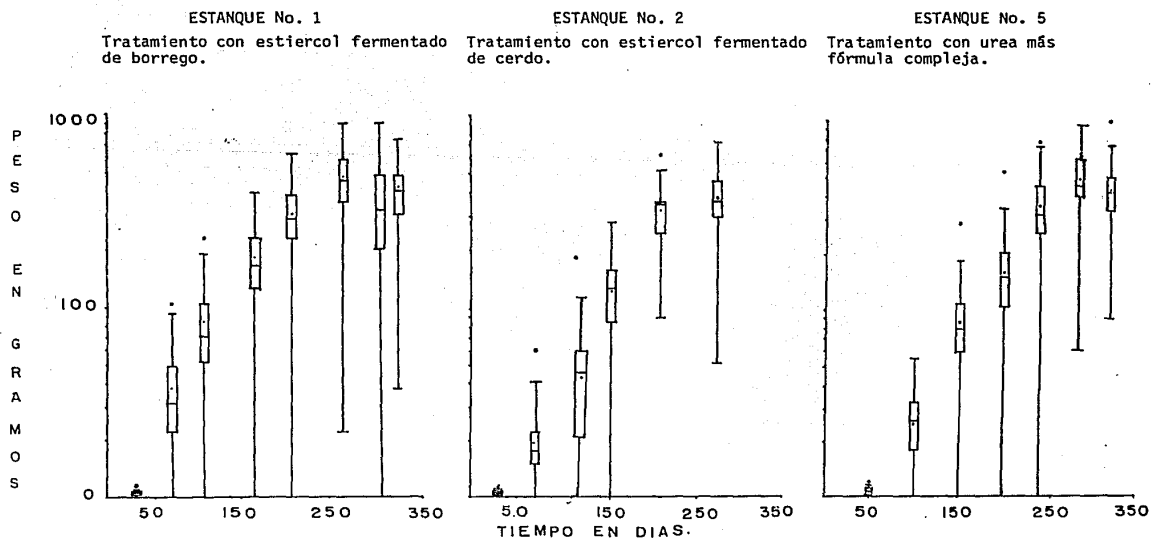
Los intervalos marcados fuera de las cajas muestran los valores disgregados o disparados de los organismos, apreciándose en éstos, que en el estanque 1 fueron mayores a los registrados por los estanques 2 y 5. Encontrándose que la mayoría de los peces no presentaron velocidad de crecimiento normal, debido tal vez, al bajo sustento alimenticio en el sistema. Para los dos últimos muestreos se hizo más evidente la desigualdad en el crecimiento, enmarcándose por organismos de hasta 30 g después de 300 y 350 días de cultivo.

De los resultados, se encontró que el estanque 2 tratado con bioabono fermentado de cerdo, presentó el mejor crecimiento en comparación al estanque 1 tratado con bioabono fermentado de borrego. Para el estanque 5 tratado con urea más fórmula compleja, se encontró que el crecimiento -- fué más efectivo en relación al tiempo para este tipo de sistema.

6.4. Rendimiento pesquero potencial.

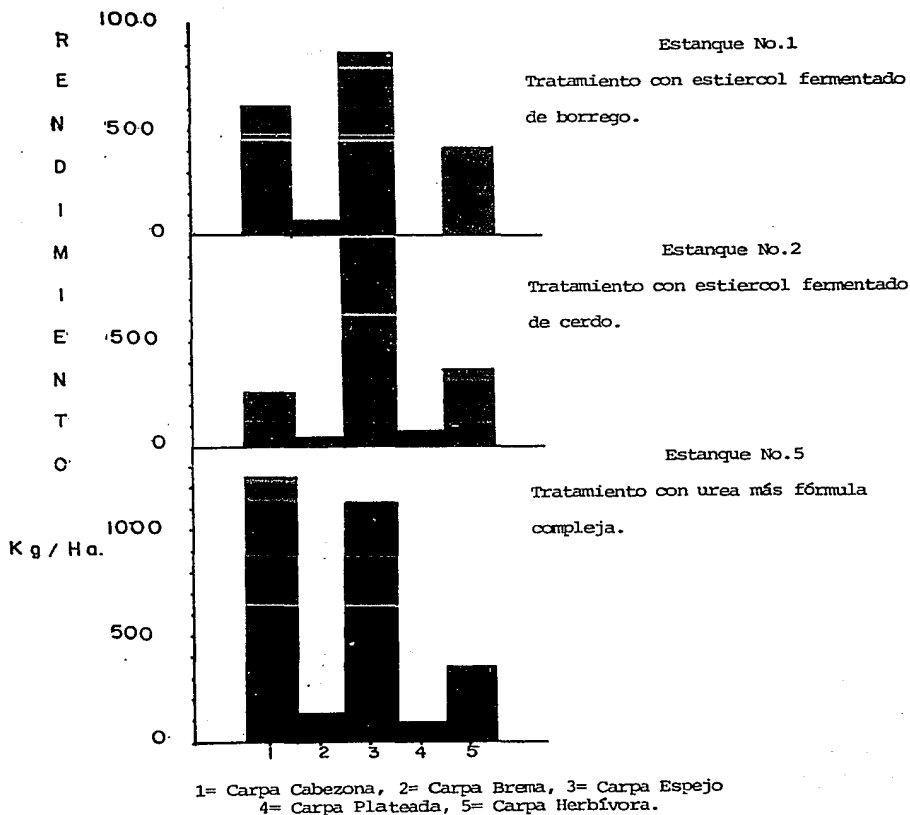
Al finalizar el ciclo de estudio en la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Aldama, se obtuvo un peso total de 389.506 kg, después de 302 días de cultivo para el estanque 1 fertilizado con bioabono fermentado de borrego; 295.26 kg, después de 248 días de cultivo para el estanque 2 fertilizado con bioabono fermentado de cerdo y --

Figura 28'. Gráficas de Caja para el Crecimiento de la Carpa Espejo (*C. carpio specularis*) por medio del Análisis Exploratorio de Datos de Tukey.



689.70 kg, después de 309 días de cultivo para el estanque 5 fertilizado con urea más fórmula compleja. Los rendimientos por hectárea para cada estanque se muestran en la Tabla 11 y en la Figura 29.

Figura 29. Comparación en peso (Kg/Ha) del Crecimiento de la carpa espejo (*Cyprinus carpio specularis*) en relación a las demás especies utilizadas en el Policultivo.



VII. CONCLUSIONES

En relación al capítulo anterior, se estima conve-
niente destacar las conclusiones siguientes:

1. La zona donde se encuentra situada la Granja -
Piscícola de Tezontepec, presenta dos estaciones anuales -
muy marcadas en lo que respecta al clima. Una de las esta-
ciones es fría y comprende los meses de octubre, noviembre,
diciembre, enero y parte de febrero; la segunda estación es
cálida y se encuentra representada por los meses de marzo,
abril, mayo, junio y julio.

2. En este experimento, se confirmó que la tempe-
ratura juega un papel muy importante en los procesos bioló-
gicos de los estanques y por lo tanto en el crecimiento ge-
neral de los organismos en condiciones de cultivo.

3. La conductividad del agua de Tezontepec, deno-
ta una gran cantidad de iones disueltos, presentandose el -
sodio como el ión con mayor concentración (más de 2 mg/l) ,
lo que de manera directa favorece una dureza total alta.

4. Debido a las pocas fluctuaciones encontradas -
para el pH, se cree existió la formación de un sistema amor-
tiguador eficiente, basado en la acción de compuestos forma-
dos por los carbonatos y principalmente por los bicarbona-
tos.

5. Existió una ligera disminución en las concen-
traciones de alcalinidad total para los estanques de culti-

vo fertilizados, debido probablemente a la toma de carbono en la actividad fotosintética, con un efecto mayor hacia - los meses más calurosos. Aunque para los estanques fertilizados con abono orgánico se registraron valores de alcalinidad total superiores a los fertilizados con abono inorgánico.

6. Dentro de las características fisicoquímicas - que se presentaron en los estanques, se encontró que parte del calcio y magnesio se asociaba al sodio y potasio, además de los carbonatos y bicarbonatos, formandose compuestos que fueron los causantes principales de la existencia de - una dureza total mayor a la alcalinidad total del sistema.

7. Dado que la condición del suelo es salino-sódico (Aguilera, com.pers.), y a que la acción conjunta de los compuestos químicos donde está reaccionando el sodio (carbonato ácido de sodio y carbonatos sódicos), ayudan a mantener altos niveles de sodio, principalmente cuando éstos compuestos son liberados al medio por la fotosíntesis, el sistema presentará un grado considerable de salinidad, la cual aparentemente no afecta el crecimiento de los peces.

8. Para la transparencia, se encontró que la producción planctónica, fué el factor principal que la propició a través de todo el experimento. Manifestandose, según las variaciones de la temperatura, y debido a ello, se registraron diferencias para las diferentes estaciones del año en la transparencia, enmarcando los resultados dos grandes épocas; una de ellas fría (otoño-invierno), con los va-

lores de transparencia mayores (1.62 m), y la otra cálida (primavera-verano), con los valores de transparencia menores (0.16 m).

9. Se encontró que la administración de fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos a los cuerpos de agua, ayudaron a desarrollar y mantener grandes poblaciones de fitoplancton. Este desarrollo vino a favorecer una alta concentración de oxígeno disuelto, debido principalmente a la acción fotosintética de los organismos del fitoplancton.

10. Para los monitoreos de oxígeno disuelto, durante los ciclos de 24 horas, existieron diferencias significativas en las concentraciones con respecto a las estaciones del año (invierno, primavera y verano), en los regímenes de fertilización y entre las horas del día. Registrándose las concentraciones mayores por las tardes (16-19 horas) y las concentraciones menores durante el intervalo oscuridad-luz (04-07 horas). mostrándose este último intervalo como crítico para el sistema de cultivo.

11. De los resultados obtenidos para los nitritos, se observó que las concentraciones, no llegaron a niveles tóxicos (1 mg/l), para ninguno de los estanques. Probablemente, a que existió un flujo casi continuo de agua (1-2 l/s), evitándose la acumulación de los metabolitos.

12. De los compuestos nitrogenados que existen en el sistema de cultivo y que son de importancia debido a su acción tóxica para los peces, se encontró que el amonio --

(NH₃), no se presentó en niveles tóxicos (0.5 mg/l), ya que se obtuvo como valor máximo 0.026 mg/l, debido probablemente a la acción reguladora que tiene el pH sobre este elemento, manteniéndose de esta manera, el equilibrio entre las concentraciones del NH₄⁺ y NH₃.

13. Debido, tal vez a los niveles registrados para los parámetros fisicoquímicos y a la acción conjunta que entre ellos existe, no se lograron captar efectos negativos o contrarios, hacia el rendimiento y tasa de crecimiento para la carpa espejo, probablemente, a que la especie presenta amplios intervalos de tolerancia hacia estos parámetros.

14. De los elementos que componen a los fertilizantes administrados al sistema de cultivo, se encontró que el fósforo es un elemento necesario en los cuerpos de agua con fines de piscicultura, debido a su rápida absorción por las plantas acuáticas y principalmente por el fitoplancton.

15. De los resultados obtenidos y de lo mencionado por algunos investigadores, se llegó a la conclusión de que, la técnica de botellas claras y oscuras utilizada para el análisis de la productividad primaria en los estanques de cultivo, no presentó suficiente precisión, debido a que en estos sistemas las aguas estaban fuertemente fertilizadas, con grandes poblaciones de fitoplancton y con altas evoluciones de oxígeno disuelto (100%), lo cual presenta grandes limitaciones para el uso de esta técnica en los cultivos del tipo intensivo, como lo es el policultivo.

16. Con respecto a la relación peso-longitud de la carpa espejo, el resultado de las regresiones aplicadas, dieron un exponente cercano a 3, representando un crecimiento del tipo isométrico en los tres estanques.

17. Las relaciones peso-tiempo sometidas al ajuste de crecimiento para el modelo de Von Bertalanffy, presentaron diferencias significativas para los tres estanques en las pruebas de X^2 , demostrándose que este modelo no se ajusta completamente al tipo de crecimiento llevado por los peces en un sistema de policultivo intensivo.

18. En relación a la técnica de datos exploratorios, se encontró que existen algunos errores sistemáticos en los gráficos de caja, debido a la dificultad de medir a la población total. Concluyéndose por lo tanto, que para esta técnica se hace necesario medir a la población experimental total.

19. De los tres estanques estudiados, el 1 presentó la mayor biomasa cosechada con 616.15 kg/ha y con una mortandad de 31.93%, resultado del tratamiento de fertilización con estiercol fermentado de borrego.

20. El estanque 2 presentó el rendimiento mayor con 3.96 kg/ha/día, con sólo 248 días de cultivo, en comparación con los estanques 1 y 5, los que tuvieron 302 y 309 días respectivamente. Encontrándose que de los dos tratamientos con bioabono fermentado, el de cerdo fué el más efectivo. Para el estanque 5, se presentó el rendimiento de 3.65

kg/ha/día, representando al tratamiento inorgánico de urea más fórmula compleja, como el segundo en rendimiento.

21. Para el crecimiento de la carpa espejo en los diferentes tratamientos de fertilización, se encontró que existieron diferencias en las tasas de crecimiento dentro de las mismas poblaciones, probablemente a que la cantidad de alimento natural no fué suficiente, como para poder evitar la competencia y la presencia de individuos pequeños (de hasta 30 g), hacia el final del experimento.

22. Por último, se hace necesario recalcar que, cuando se realiza un estudio, es indispensable mantener un control más preciso con una sistematización más rigurosa, con el fin de evitar errores. Para que con esto, se logre una mayor y mejor comprensión del fenómeno que se investiga.

VIII. RECOMENDACIONES

- Dado que se encontraron dos periodos climáticos, cada uno con una tasa de crecimiento diferente, marcandose situaciones que pueden ser determinantes para la obtención de una buena cosecha, se deberán tomar en cuenta estos periodos para los subsecuentes programas de cultivo, principalmente de esta zona. El mejor período climático para introducir los peces de rápido crecimiento, a una talla y densidad apropiada, esta en base a la duración de la estación cálida para asegurar un mayor rendimiento en forma de Kg/ha.

- Se recomienda mantener una densidad de siembra de 1.5 organismos por metro cuadrado, por resultar en bajas mortandades y en consecuencia un buen rendimiento pesquero. Una condición muy importante para lograr el incremento de la producción, es que las especies que se almacenen deben presentar diferentes hábitos alimenticios y ocupar nichos ecológicos distintos en el estanque, para evitar la competencia inter o intraespecífica.

- Para obtener una buena cosecha con la técnica de policultivo, se recomienda monitorear constantemente la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura, pH y la alimentación, debido a que son factores muy importantes que podrían afectar el crecimiento de los organismos.

- Dado que la técnica de policultivo, es una forma de utilizar mejor la productividad natural, con un incremento concomitante en la densidad de los peces de diferen--

tes especies, con la seguridad de aumentar su producción, - se recomienda este tipo de cultivo para cualquier piscifactoría o cuerpo de agua que contemple las condiciones necesarias para ello.

- Se propone el empleo del abono orgánico fermentado de cerdo o el abono inorgánico de urea más fórmula compleja para aumentar la productividad primaria en este tipo de sistemas.

- Resulta conveniente proporcionar una fuente de alimento suplementario, además de la aportación de fertilizantes ya sean orgánicos o inorgánicos a los estanques de policultivo, a fin de incrementar el rendimiento en Kg/ha - por unidad de área.

- Para evaluar el rendimiento real de los estanques con policultivo, sería de importancia realizar estudios sobre la disponibilidad del alimento natural, además de la comparación del crecimiento para diferentes modelos y su factor de condición, con el fin de encontrar el mejor ajuste al tipo de crecimiento en sistemas de cultivo intensivo.

- Con el fin de contar con un mejor método de fertilización para este tipo de cultivo, se recomienda monitorear diferentes grados o niveles de fertilizantes, para la creación de tablas que sean más específicas.

- Para conocer con más precisión los efectos que puedan tener elementos como el sodio, potasio y boro, principalmente sobre el crecimiento de los peces introducidos -

en cuerpos de agua fertilizados, sería conveniente hacer estudios más profundos sobre sus relaciones en sistemas de policultivo.

- Se hace necesario evaluar la flora existente, - en sistemas de cultivo fertilizados, tanto cualitativa como cuantitativamente, para definir y determinar el consumo de los organismos que puedan estar presentes.

- Se considera importante, realizar estudios sobre la actividad bacteriana en los cuerpos de agua, debido a la acción que tienen en la dinámica de comportamiento de algunos elementos del medio (sodio, potasio, fósforo, amonio, - nitrógeno, oxígeno disuelto), que podrían ser determinantes para el cultivo.

- Se recomienda experimentar un policultivo con - especies de ciprínidos o atherínidos nativos, con el fin de desarrollar en un momento dado, un modelo de policultivo a las necesidades y características locales del país.

IX. LITERATURA CITADA

- Abeliovitch, A. 1967. Oxigen Regime in Beit-Shean Fish Ponds Related to Summer Mass Fish Mortalities. Preliminary Observations. BAMIDGEH. 11 (19): 3-16.
- Alabaster, S. J. and Lloyd, R. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. FAO. Butterworths, London. 297 p.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. 2a. Ed. Wiley, N.Y. 235-237.
- Almazan, G. and Boyd, C. E. 1978. An Evaluation of Secchi - Disk Visibility for Estimating Plankton Density in Fish Ponds. Hidrobiology. 65: 601-608.
- APHA, AWWA, and WPLF. 1971. Standard Methods for the Examination of Water. 12th Ed. American Public Health Association. Inc. N.Y. 874 p.
- Arce, R. G. and Boyd, C. E. 1980. Water Chemistry of Alabama Ponds. Auburn University. Agricultural Experiment Station. Alabama, Bull. 5: 22-35.
- Arredondo, F. J. L. 1983. Especies Animales Acuáticas de Importancia Nutricional Introducidas en México. Biotica. 8 (2): 175-199.
- Arredondo, F. J. L. inédito. Curso de Policultivo de Organismos de Importancia Comercial. Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados, I.P.N., Unidad Mérida. Del 8 al 25 de octubre de 1984. (off set).
- Arredondo, F. J. L. (en prensa). Criterios para el manejo de la Calidad del Agua en estanques de Piscicultura Intensiva. Secretaría de Pesca (1986).
- Arredondo, F. J. L. y Juárez, P. J. R. 1985. La Granja Integral de Policultivo de Tezontepec de Algama, Hidalgo; Un modelo para avanzar hacia el desarrollo rural integral. Rev. Lat. Acuí. Lima-Perú. 24: 31-44.

- Barica, J.1975. Summerkill Risk in Prairie Ponds and Possibilities of its Prediction. J. Fish. Res. Bd. Canada. 32: 1283-1288.
- Barrera, R., Becerra, L., Díaz, F., Espino, S., Latournerié, J., Soto, F. y Vega, M. (inédito). Análisis de los factores Fisicoquímicos de tres Estanques Fertilizados de la Granja Integral de Policultivo de Tezontepec, Hidalgo. Facultad de Ciencias, UNAM. (1983). 29 p.
- Bertalanffy, V. L.1938. A Quantitative Theory of Organic -- Growth. Hum. Biol. 10 (2): 181-213.
- Boyd, C. E.1976. Chemical and Textural Properties of muds -- from different depths in Ponds. Hidrobiología. (48): 141-144.
- Boyd, C. E.1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Auburn University. Agricultural Experiment Station. Crafmaster Printers, Inc. Opelika, Alabama. 359 p.
- Boyd, C. E.1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company. 470 p.
- Boyd, C. E. and Lichtkoppler, F.1979-1M. Water Quality Management in Pond Fish Culture. Auburn University. International Center for Aquaculture. Agricultural Experiment Station. 30 p.
- Boyd, C. E., Romaine, R. P. and Johnston, E.1979. Water Quality in Channel Catfish Production Ponds. Jour. of Environmental Quality. 8 (3): 423-429.
- Boyd, C. E. and Tucker, L.1980. Determination of Filtrable -- Orthophosphate in water from Fish Ponds. Trans. Am. Fish. Soc. (109): 314-318.
- Cole, G. A.1975. Textbook of Limnology. United States of -- America: C. V. Mosby Company. 260 p.
- Doty, M. L.1958. Current Status of Carbon-14 Method of Assaying Productivity of the Ocean. University of Hawaii. Master in Science Thesis.

- Doudoroff, P. and Shumway, D. L. 1970. Dissolved Oxygen Requirements of Freshwater Fisheries. FAO. United Nations, -- Fish. Tech. Paper. 86: 291 p.
- Ellis, M. M. 1937. Detection and Measurement of Stream Pollution. U.S. Bur. Fish. Bull. 22: 367-437.
- European Inland Fisheries Advisory Commission. 1973 Water Quality Criteria for European Freshwater Fish. Report on Ammonia and Inland Fisheries. Water Res. 7 (2): 1011-1022.
- Everhart, W. H., Eipper, A. W. and Youngs, D. W. 1975. Principles of Fishery Science. United States of America: Cornell University Press. 30 p.
- FAO. 1979. Manual of Methods for fish Stock Assessment. Part 1, Fish Population Analysis.
- Fee, E. 1973. A Numerical Model for Determining Integral Primary Production and its Application to Lake Michigan. J. Fish. Res. Bd. Canada. (30): 1447-1468.
- Flis, J. 1968. Anatomicohistopathological Changes Induced in Carp (*C. carpio* Linneus) by Ammonia Water. Part 1. Effects of Toxic Concentrations. Acta Hidrobiol. (10): 205-224.
- Hayes, F. R. and Phillips, J. E. 1958. Lakes Water and Sediments, Radiophosphorus Equilibrium with Mud, Plants, and -- Bacteria Under Oxidized and Reduced Conditions. Limnol. Oceanogr. (3): 459-475.
- Hepher, B. 1958. On the Dynamics of Phosphorus Added to Fishponds in Israel. Limnol. Ocean. (7): 131-135.
- Hepher, B. 1962. Ten Years of Research in Fish Ponds Fertilization in Israel. Estuaries. 14 (2): 29-38.
- Hepher, B. 1962b. Primary Production in Fish Ponds and its Application to Fertilization Experiments. Limnol. Ocean. --- 7 (2): 131-135.
- Hepher, B. y Pruginin, Y. 1985. Cultivo de peces comerciales. Ed. Limusa. México, D.F. 316 p.

- Hickling, C. F. 1962. Fish Culture. Faber and Faber, London. 295 p.
- Huey, D. W., Simco, B. A. and Criswell, D. W. 1980. Nitrite Induced Methemoglobin Formation in Channel Catfish. Trans. Am. Fish. Soc. (109): 558-562.
- Hutchinson, G. E. 1967. A Treatise on Limnology. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Wiley and Sons, N. Y. 2: 115 p.
- Jana, B. B. 1978. Primary Production and Bacterioplankton in Fish Ponds with Mono and Policulture. Hidrobiology. 1 (62): 81-87.
- Juárez, P. J. R. 1979. La Piscicultura en la República Popular China. Informe de las experiencias adquiridas en la República Popular China, durante la visita oficial efectuada del 4 de Agosto al 10. de Octubre de 1979. Secretaría de -- Pesca, México, D.F. 105 p.
- Kempinska, H. 1968. Influence of Ammonia Fertilizers on fish. Gospod. Reybna. (20): 3-5.
- Kusnetov, S. I. 1970. The Microflora of Lakes and its Geochemical Activity. University of Texas Press, Austin and London, U.S.A., Ed. Carl H. Oppenheimer. 259-299 p.
- Lee, G. F. 1970. Eutrophication. Univ. Wis. Water Resources Center, Occasional Paper. (2): 39 p.
- Livingstone, D. A. 1963. Chemical Composition of River and Lakes. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper. 440-G. U.S. Gov. Printing office, Washington, D.C. 64 p.
- Margalef, R. 1977. Ecología. Ed. Omega. Barcelona España. -- 435 p.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Ed. Omega Barcelona España. 1010 p.
- Margalef, R., Planes, D., Armengol, J., Vidal, A., Prat, N., Guiset, A., Toja, J. y Estrada, M. 1976. Limnología de los Embalses Españoles. Dirección General de Obras Públicas. -- Publ. No. 123. Ministerio de Obras Públicas, Madrid. 422 p.

- Mc Kee, J. E. and Wolf, H. W. (Eds) 1963. Water Quality Criteria. Second Edition, State of California. State Water Quality Control Board, Publ. No. 3-A Sacramento. 548 p.
- Minckley, W. L. 1969. Enviroments of the Bolson of Cuatro - Ciénegas Coahuila, México. With special reference to the aquatic biota. Tex. Western Press, the University of Texas at El Paso. Science Series. 2: 39-45.
- Mortimer, C. H. 1945. Fertilizers in Fish Ponds. Her Majestys Stationary Office, London. Fisheries Publication. (5): 155 p.
- Moyle, J. B. 1945. Some Chemical Factors Influencing the Distribution of Aquatic Plant in Minnesota. Amer. Midl. Natur. 34: 402-420.
- Nielsen, S. E. 1960. Productivity of the Ocean. Ann. Rev. -- Plant. Phisiol. 11: 341-362
- Nikolsky, G. V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press, London and New York. 352 p.
- Noriega, C. P. 1979. Primary Production and Related Fish -- Yield in Intensity Manueped Fishponds. Aquaculture. 17: 335-344.
- Obregón, F. 1958. El cultivo de la carpa seleccionada de Israel en México. Campaña Nacional de Piscicultura Agrícola. Banco Nacional de Crédito Ejidal. S.A. de C.V. 40 p.
- Obregón, F. 1961. Cultivo de la carpa seleccionada en México. 3a. Ed. Banco Nacional de Crédito Ejidal, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F. 87 p.
- Parks, R. W., Scarsbrook, E. and Boyd, C. E. 1975. Phytoplankton and Water Quality in Fertilized Fish Ponds. Auburn Univ. (Ala). Agr. Exp. Sta., Cir. 224. 16 p.
- Porras, D. D. 1981. sobre la utilización en Acuicultura de fertilizantes orgánicos (Desechos y Excretas). Sistema Económico Latinoamericano. Rev. Lat. Acui. 9: 6-10.

Pretto, M. R. 1983. Policultivo con especies de agua caliente. Rev. Lat. Acui. (15): 1-42.

Provasoli, L. 1969. Algal Nutrition and Eutrophication. In: Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 574-593.

Ramírez, G. R. 1964. Las Carpas. Boletín de Piscicultura Rural. Secretaría de Industria y Comercio, Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. 14: 3-22.

Rappaport, V., Sarig, S. and Marek, M. 1976. Results of Tests of Various Aeration Systems on the Oxygen Regime in the Ginosar Experimental Ponds and Growth of Fish There in 1975. Bamidgeh. 28 (3): 35-49.

Reyes, C. P. 1982. Bioestadística aplicada. Ed. Trillas, S.A. México, D.F. 95-131.

Ricker, W. E. 1971. Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Handbook 3, Blackwell Scientific Publications. 348 p.

Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191: 382 p.

Rigler, F. H. 1956. A Tracer Study of the Phosphorus Cycle in Lake Water. Ecology. (37): 550-562.

Rigler, F. H. 1964. The Phosphorus Fractions and the Turnover Time of Inorganic Phosphorus in Different Types of Lakes. - Limnol. Oceanogr. (9): 511-518.

Schroeder, G. L. 1974. Use of Fluid Cowshed Manure in Fish Ponds. Bamidgeh. 26 (3): 84-96.

Shang, Y. C. 1981. Aquaculture Economics; Basic Concepts and Methods of Analysis. W. Press. Boulder, Colorado. 3-9 p.

Smith, E. V. and Swingle, H. S. 1938. The Relationship between Plankton Production and Fish Production in Ponds. Trans. Am. Fish. Soc. (68): 309-315.

Stickney, R. R. 1979. Principles of Warmwater Aquaculture. - John Wiley and Sons. N.Y. 375 p.

Strickland, J. D. 1960. Measuring the Production of Marine - Phytoplankton. Bull. Fish. Res. Bd. Can., Ottawa. 122:75-80.

Swingle, H. S. 1961. Relationships of pH of Pond Waters to - their Suitability for Fish Culture. Proc. Pacific. Sci. Congress 9 (1957), Vol. 10, Fisheries. 72-75 p.

Swingle, H. S. and Smith, E. V. 1938. Fertilizers for increasing the Natural Food for Fish in Ponds. Trans. Am. Fish. Soc. (68): 126-135.

Tal, S. and Siv, I. 1978. Culture of Exotic Species in Israel. Bamidgeh, 30 (1): 3-10.

Thomasson, K. 1956. Reflections on Arctic and Alpine Lakes. - Aikas. 7 (1): 117-143.

Tukey, J. W. 1977. Exploratory Data Analysis. Addison. Wesley Publishing Co. Reading Massachusetts. 688 p.

Vaccaro, R. F. and Ryther, J. H. 1954. The Bactericidal --- Effects of Sunlight in Relation to Light and Dark Bottle --- Photosynthesis Experiments. J. Conseil, Exp. Mers. 20 p.

Vamos, R. 1963. Ammonia Poisoning in Carp. Acta Biol. Szeged. (9): 291-297.

Vamos, R. and Tasnadi, R. 1967. Ammonia Poisoning in Carp, - the Oxygen Content as a Factor in Influencing the toxic limit of Ammonia. Acta Biol. Szeged. 13: 99-105.

Vollenweider, R. A. 1974. Calculation Model of Photosynthesis Depth Curves and Some Implications Regarding Day Rate Estimates Primary Productivity Measurements. In: Boldman, C. R. - (editor). Primary Productivity in Aquatic Environments. Univ. of Calif. Press. U.S.A. 3a Ed. 425-475.

Walford, L. A. 1946. A New Graphic Method of Describing the Growth of Animals. Biol. Bull. 90 (2): 141-147.

Wetzel, R. G. 1975. Limnology. W. B. Saunders Co. London. -- 743 p.

Wetzel, R. G. and Likens, R. 1979. Limnology Analysis. W. B. Saunders Co. Philadelphia. 353 p.

Wróbel, S. 1970. Comparison of some methods of determining -- the primary production of phytoplankton in ponds. In: Productivity Problems of Freshwaters. Warszawa-Kaków 1972. Proceeding of the IBP-UNESCO. Symposium on Productivity Problems of Freshwaters Kazimierz Dolny, Poland, May 6-12, 1970. Editors: Z. Kajak, A. Hillbricht-Ilkowska. 733-737.

Yamane, T. 1979. Estadística. Harper and Row, Latinoamerican, México. 771 p.

Yashouv, A. 1971. Interaction Between the Common Carp. (C. - carpio) and the Silver Carp (Hypophthalmichthys molitrix) in Fish Ponds. Bámidgeh. (23): 85-92.

Yentsch, C. S. 1974. The Relationship between Chlorophyll and Photosynthetic Carbon Production with Reference of Chloro-- plastic Pigments. In: Goldman, D. R. (Editor). Primary Productivity in Aquatic Environments. Univ. of Calif. Press. U.S.A. 3a. Ed. 323-346.

Zeller, H. D. 1952. Nitrogen and Phosphorus Concentrations in Fertilized and Unfertilized Farm Ponds in Central Missouri. Trans. Am. Fish. Soc. (82): 281-288.