

RENDIMIENTOS PISCICOLAS EN DOS BORDOS SEMI-PERMANENTES EN EL ESTADO DE MORELOS, MEXICO.

Hernández-Avilés, J.S. y Peña-Mendoza, B.

ENEP- ZARAGOZA, UNAM. Carrera de Biología, J.C. Bonilla No. 66 esq. I. Zaragoza, Iztapalapa, D.F., C.P. 09230, MEXICO.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en los bordos semi-permanentes Chavarría y Michapa, localizados en el Municipio de Coatlán del Río, Estado de Morelos, durante el período comprendido entre mayo de 1983 y enero de 1987, donde se trabajó en tres fases. Fase I: Monocultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (mojarra), Fase II: Policultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (machos), *Cyprinus carpio rubrofuscus* (carpa barrigona), *Hypophthalmichthys molitrix* (carpa plateada), *Aristichthys nobilis* (carpa cabezona), con densidades de carga de 0.4 org./m y Fase III: *O. u. hornorum* y *C. c. rubrofuscus* con densidades de carga de 6 org./m. Se realizó un análisis factorial donde las variables que se relacionan con el factor edáfico y la temperatura resultan ser las más importantes para la determinación del comportamiento del bordo de Chavarría y los de autorregulación del sistema de carbono en el bordo de Michapa. El rendimiento fue de 102 y 304 kg/ha/año para Michapa y Chavarría respectivamente en la fase I; de 791 kg/ha/año en la fase II y de 1500 kg/ha/año durante la última fase, con pesos máximos para la mojarra de 123.5 g. y 595.0 g. para la carpa en 20 semanas, en el bordo de Chavarría.

ABSTRACT

This research was carry out at the Chavarría and Michapa semi-permanent ponds located in the Municipio of Coatlán del Rio, Morelos State, Mexico, from may 1983 to january 1987 under three different experimental design stages. Sate I: *Oreochromis urolepis hornorum* (tilapia) monoculture; Stage II: *Oreochromis urolepis hornorum* (males), *Cyprinus carpio rubrofuscus*, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis* polyculture (0.4 org./m load density) and Stage III: *O. u. hornorum* and *C. c. rubrofuscus* mixed culture (6 org./m load density). By means of factor analysis it was found the most important variables for the evaluation of the sistem's behaviour were those related with the edaphic factor and temperature at Chavarría and those involved with carbone autoregulation system at Michapa. The yields at Chavarría and Michapa were 102 and 304 Kg/ha/year respectibly during stage I; 791 Kg/ha/year at stage II and 1500 Kg/ha/year during stage III with 123.5 g for tilapia and 595.0 g for carp as maximum weigths at Chavarría after 20 weeks.

PALABRAS CLAVE/ KEYWORDS: BORDOS, RENDIMIENTO PISCÍCOLA, MORELOS, MEX. / SEMIPERMANENT PONDS, FISH YIELDS, MORELOS, MEX.

INTRODUCCION

La acuicultura ya sea con fines comerciales, como el caso más reciente del cultivo de camarón, o bien como una alternativa para la obtención de proteína animal en las zonas rurales, empieza a adquirir en México un marcado interés por los diferentes sectores que participan en la actividad.

Para la alternativa rural, la Secretaría de Pesca siembra anualmente más de 120 millones de crías de peces desde 1986 (SEPESCA, 1986), con una alta proporción en pequeños cuerpos acuáticos de los cuales se desconoce con preci-

sión su potencial productivo (Cabrera y García-Calderón, 1984), aunque se estiman rendimientos de 150 kg/ha/año (Arredondo y García-Calderón, 1982), por lo que es de suma importancia el desarrollar proyectos de investigación que permitan evaluar y proponer estrategias adecuadas para el manejo de estos recursos, tanto con propósitos de comercialización como para aumentar la disponibilidad de alimentos en el ámbito local o regional.

Dentro del campo de la acuicultura continuamente se ponen a prueba diferentes técnicas y alternativas de cultivo, que permitan obtener una mejor producción, empleando para ello mono-

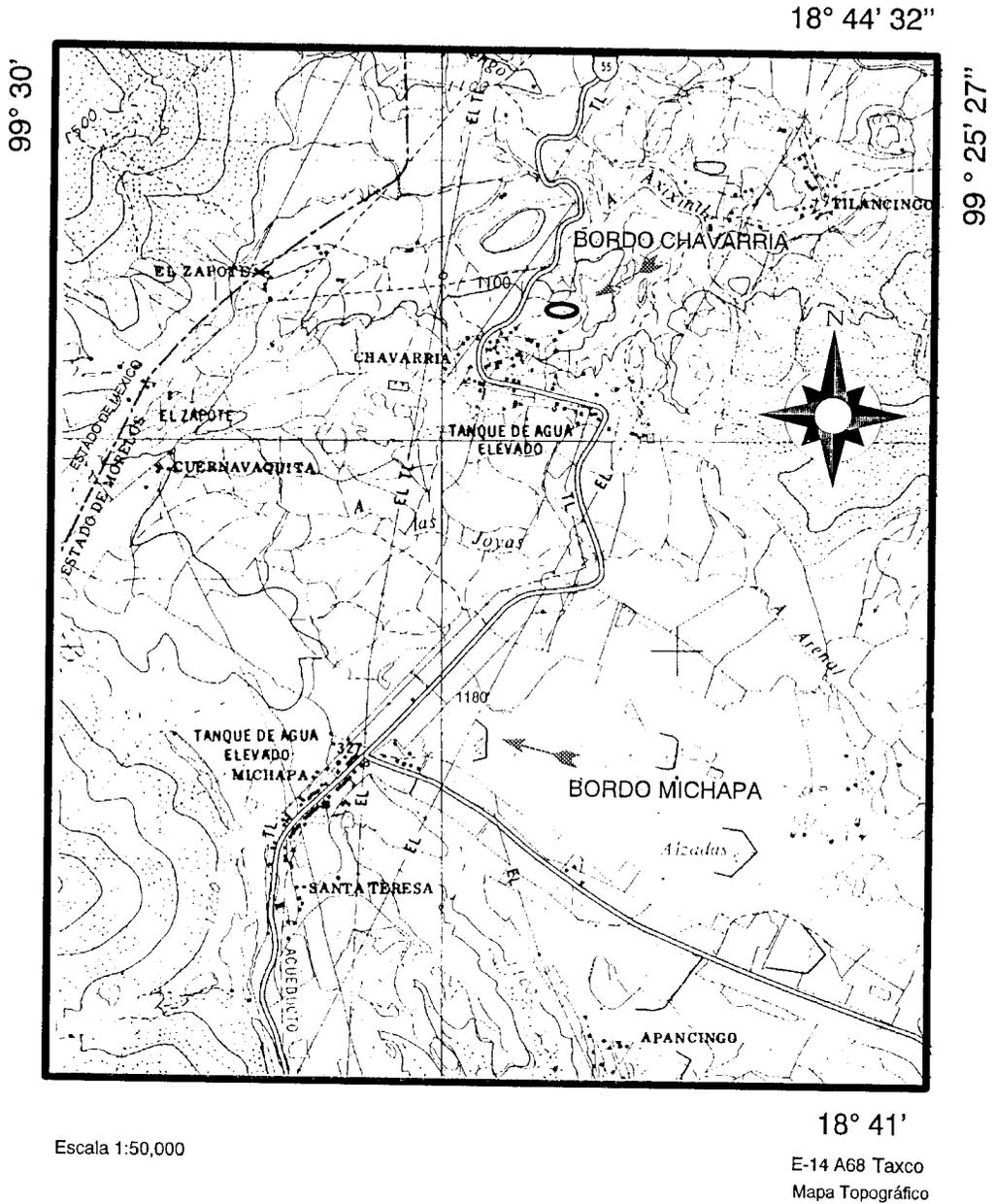


FIGURA 1. Ubicación de los bordos Michapa y Chavarría, en el municipio de Coatlán del Río, Estado de Mo-

cultivos o policultivos en diferentes niveles: intensivos, semi-intensivos y extensivos, ya sea en sistemas artificiales o naturales.

El sistema extensivo se practica en algunas regiones de la zona central del país, con el cultivo de la mojarra (tilapia) y la carpa en microembal-

ses debido principalmente a su plasticidad ecológica, hábitos alimenticios y rápido crecimiento. Sin embargo, a pesar de las ventajas que presenta la mojarra, se tiene el problema de la precocidad sexual (Huet, 1978; Oduleye, 1982) que se traduce en sobrepoblación, competencia por el alimento y disminución en el crecimiento. Algu-

TABLA 1. Resumen morfométrico de los bordos semi-permanentes Michapa y Chavarría.

PARAMETROS MORFOMETRICOS	MICHAPA			CHAVARRIA		
	83-84			83-84		
	Fase Dilución		Fase Concentración	Fase Dilución		Fase Concentración
	Julio	Septiembre	Febrero	Julio	Septiembre	Febrero
	V. Inicial	V. Máximo	V. Mínimo	V. Inicial	V. Máximo	V. Mínimo
PERIMETRO I (m)	506.00	741.00	476.00	451.00	510.50	351.00
DESARROLLO DE LINEA DE COSTA DI	1.19	1.06	1.16	1.27	1.15	1.24
PROFUNDIDAD MAXIMA Zm (m)	0.95	2.81	1.05	1.51	2.43	1.33
PROFUNDIDAD MEDIA Z (m)	0.44	1.28	0.43	0.82	0.91	0.68
RELACION Z:Zm	0.46	0.45	0.41	0.54	0.37	0.51
PROFUNDIDAD RELATIVA Zr (m)	0.75	1.27	0.81	1.33	1.72	1.48
AREA SUPERFICIAL (m ²)	14,345.00	38,542.00	13,304.00	10,000.00	15,686.00	6,376.00
VOLUMEN (m ³)	6,431.00	49,361.00	5,780.00	8,200.00	14,300.00	4,300.00
DESARROLLO DE VOLUMEN Dv	1.38	1.35	1.23	1.62	1.11	1.53

V.= Valor

nas de las alternativas que se practican para atenuar este problema son:

- a) cultivo de organismos monosexado.
- b) cultivo de machos y hembras con cosecha de las crías que se reclutan por reproducción (Pretto, 1982).
- c) Hibridación, esterilización, reversión sexual por medio de hormonas manipulación genética para la determinación del sexo (Mair y Little, 1991).
- d) policultivo (Balarin, 1979; Juárez, 1982).

Esta última estrategia presenta la ventaja de vincularse con otras unidades de producción, como la agrícola y la ganadera, por medio del reciclaje de materiales, por lo que en las zonas rurales adquiere gran interés al disminuir los costos de producción e incrementar los rendimientos, así por ejemplo en la granja integral de Tezontepec de Aldama Hidalgo, se obtienen rendimientos acuícolas entre 1.5 y 4.5 toneladas/ha/año (Arredondo y Juárez, 1985). Además, a diferencia del monocultivo acuícola que se basa principalmente en la tecnificación, la manipulación genética y el empleo de sustancias químicas para una alta producción, el policultivo utiliza los recursos disponibles y ejerce una menor presión sobre el medio, con lo que se reducen los costos económi-

cos y ecológicos (Hernández-Avilés y García-Calderón, 1990).

En esta investigación se plantearon como objetivos evaluar el potencial productivo de dos bordos semi-permanentes en el Estado de Morelos, bajo las siguientes características: el empleo como estrategia del manejo de monocultivo de mojarra y el policultivo de esta especie con carpas en diferentes densidades de carga, el análisis del crecimiento y robustez de las especies y los rendimientos piscícolas. Asimismo, detectar las relaciones entre algunos factores abióticos-bióticos del embalse y el crecimiento de las poblaciones hícticas.

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

Los bordos semi-permanentes de Chavarría y Michapa se encuentran en los poblados del mismo nombre, en el Municipio de Coatlán del Río, Estado de Morelos. Se localizan entre los 18° 41' y 18° 44' de latitud Norte y 99° 27' de longitud Oeste (S.P.P., 1981), (Fig. 1).

Su clima es AW"(w)(i)g, cálido subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación máxima se presenta en el mes de septiembre con lluvias que oscilan entre 190 y 200 mm y la mínima en los meses de diciembre, febrero y marzo con un valor de 5 mm (García, 1981).

El bordo de Chavarría posee un suelo feozem háplico y regosol eútrico y el de Michapa es vertisol pélico, compuestos generalmente de rocas sedimentarias clásticas (S.P., 1981).

METODOS

El estudio se dividió en tres fases:

I. Monocultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (mojarra) con longitud promedio de 5.2 cm y peso promedio de 7.6 g para el primer mes de muestreo, con una densidad de carga de 0.1 org/m en dos bordos semi-permanentes: Michapa y Chavarría de julio de 1983 a abril de 1984.

II. Cultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* (machos) con una longitud promedio de 7.17 cm y peso promedio de 16.67g, *Cyprinus carpio ru-*

brofruscus (carpa barrigona), *Aristichthys nobilis* (carpa cabezona) e *Hypophthalmichthys molitrix* (carpa plateada), con longitud promedio de 2.25 cm y peso promedio de 0.25 g con una densidad de carga de 0.4 org./m y una proporción de 1.3:4:1:2 respectivamente en el bordo de Chavarría de julio de 1984 a marzo de 1985.

III. Cultivo de *Oreochromis urolepis hornorum* con longitud promedio de 3.5 cm y peso promedio de 3.23 g y *Cyprinus carpio rubrofruscus* con una longitud promedio de 2.1 cm y peso promedio de 0.35 g con una densidad de carga de 6 org./m, con la técnica de cultivo de machos y hembras de mojarra con la cosecha de las crías que se reclutan por reproducción, en el bordo de Chavarría de junio de 1986 a enero de 1987.

Se determinaron parámetros morfométricos (Hakanson, 1981); físico-químicos (APHA, 1980 y Wetzel, 1979); plancton (Schwoerbel, 1975; Pennak, 1978; Needham, 1978) y clorofila "a" (Strickland y Parsons, 1972). Para el necton se analizó el contenido estomacal (Yañez-Arancibia, 1976); la relación peso-longitud (Everhart y Youngs, 1981); ecuaciones de crecimiento (Von Bertalanffy, 1938) y el factor de condición múltiple (Medina, 1980).

El análisis estadístico de los datos consistió en pruebas paramétricas (Sokal y Rohlf, 1979) y se realizó el análisis factorial, como una técnica que permite conocer la variabilidad común de las variables evaluadas (Padua, 1978), al reducir la complejidad de la información y formar grupos seleccionados por la inclusión o exclusión dentro de cada grupo de acuerdo con el valor de su carga, entre 0.333 (Willemssen, 1973) y al menos 6/10 del mayor de las cargas del componente en cuestión (Arredondo, et al., 1982).

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento hidrológico de los sistemas se caracterizó por una etapa de dilución, debido al incremento en el volumen que se da a partir del inicio de la temporada de lluvias, en la que a pesar del acarreo de materiales procedentes de la cuenca hay una reducción de estos por unidad de volumen y otra etapa de concentración de materiales ocasionada por la evaporación durante la estación seca, además de las pérdidas por el suministro de agua para riego y consumo del ganado.

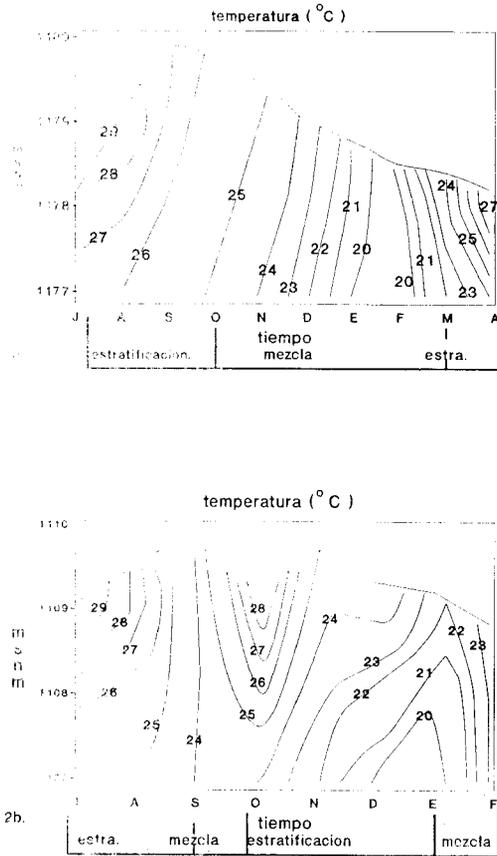


FIGURA 2. Diagrama espacio-tiempo de temperatura, en la primera fase de estudio (2a) Michapa y en la segunda (2b) Chavarría.

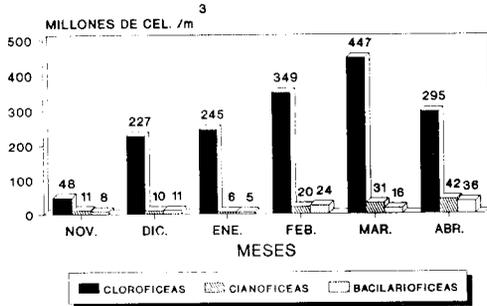


FIGURA 3. Variación temporal del fitoplancton en el bordo de Michapa (1983-1984).

Estas fases (concentración y dilución) las describen Barclay (1966), Cole (1979) y Arredondo y García-Calderón (1982) entre otros y son comunes en este tipo de ecosistemas.

Los valores morfométricos del desarrollo de la línea de costa indican que los sistemas tienden a ser circulares y con un escaso desarrollo de las comunidades litorales. Por otra parte, los valores inferiores al 2% en la profundidad relativa indican que las paredes del sistema presentan poca pendiente, lo que provoca baja estabilidad en la estratificación térmica (Hakanson, 1981). Además, de una tendencia hacia la forma sinusoide elíptica dada por la relación Z media : Z máxima la cual osciló entre 0.43-0.54 y del desarrollo del volumen (1.37-1.62), localizada sobre roca fácilmente erosionable, lo que permite una mayor acumulación de sedimento (Neumann, 1959; Wetzel, 1981 y Lehman, 1975) (Tabla 1).

Las fluctuaciones térmicas del embalse tuvieron una marcada relación con la variación de la temperatura ambiental, coincidiendo con lo reportado por Daborn y Clifford (1974) para cuerpos de agua someros. Asimismo, se presentaron temperaturas que oscilaron entre 20° y 29° C, con un menor intervalo de variación en Michapa. El bordo de Chavarría (1984-85) presentó dos periodos de mezcla, mientras que en Michapa la circulación se dió la mayor parte del tiempo (de septiembre a febrero) (Fig. 2), lo que corresponde a un sistema polimíctico cálido continuo (Lewis, 1983), que favorece la remoción constante de los materiales y nutrientes; la visibilidad al disco de Secchi fue menor de 0.6 m, por lo que la productividad de estos embalses se puede reducir en ciertos niveles de turbiedad abiogénica, el pH en-

tre 6 y 8.5, la conductividad de 90 a 290 μ siemens/cm, la dureza total de 55 a 160 mg/l, y alcalinidad total en un intervalo entre 7.5 a 126.5 mg/l, que corresponde con aguas bicarbonatadas cálcicas.

El oxígeno presentó curvas clinógradas típicas de cuerpos de agua eutróficos, estableciéndose dos zonas: una superficial o zona trofógena (aproximadamente 0.9 m al considerar el valor de la visibilidad al disco de Secchi por 1.5 veces de acuerdo con Margalef [1983]), caracterizada por una elevada concentración de oxígeno disuelto y otra en el fondo o zona trofólita, con valores bajos (Arredondo *et al.*, 1982), este proceso está directamente relacionado en términos generales, con una gran producción en la zona fótica y procesos de descomposición y remineralización en la zona adyacente a los sedimentos (Hutchinson, 1957).

En 1983 el número promedio de células por litro de fitoplancton fue de 877,250 para Chavarría y para Michapa de 305,170; esta baja densidad puede resultar del pastoreo por parte de las mojarrras debido a un incremento poblacional por efecto de la reproducción continua de la especie o bien de los niveles de turbiedad abiogénica. Las divisiones dominantes en orden decreciente fueron: clorofíceas, cianofíceas, bacilariofíceas (Fig. 3). El zooplancton tuvo una presencia sincrónica de grupos: cladóceros, copépodos y rotíferos, presentándose en mayor abundancia los últimos (Fig. 4), lo que da un indicio de la eutrofia del sistema (Gannon y Stemberger, 1978).

De acuerdo con las concentraciones de clorofila "a" mayores a 5 mg/m el bordo de Chavarría

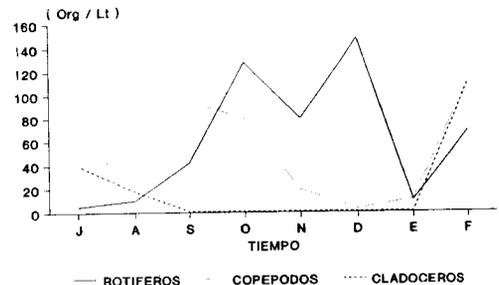


FIGURA 4. Fluctuaciones en la densidad absoluta del zooplancton a lo largo del tiempo en el bordo de Chavarría (1984-1985).

TABLA 2. Variables que constituyen los factores principales en el comportamiento de los sistemas semi-permanentes.

MICHAPA (1983-1984)				
FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	
P.V.T.C. 38.2	P.V.T.C. 16.4	P.V.T.C. 13.0	P.V.T.C. 10.2	
Oxígeno	Temperatura	Bióxido de carbono	Transparencia	
Bióxido de carbono	Conductividad	Dureza total	Oxígeno	
Alcalinidad	Fitoplancton	Zooplancton		
Dureza total				
pH				

CHAVARRIA (1984-1985)				
FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5
P.V.T.C. 40.0	P.V.T.C. 19.7	P.V.T.C. 12.4	P.V.T.C. 6.9	P.V.T.C. 5.4
Temperatura	Transparencia	Oxígeno	pH superf.	Profundidad
Dureza total	Alcalinidad superf.	Conductividad	Clorofila "a"	Oxígeno fon.
Dureza al calcio	Bióxido de carbono	Dureza total fon.		
Alcalinidad	Copépodos	Dureza al calcio fon.		
Conductividad	Cladóceros	pH fondo		
		Rotíferos		

P.V.T.C. = Proporción de varianza total común.

(1984-1985) (Fig. 5), se caracteriza como un sistema que va de eutrófico a hipereutrófico en la fase de concentración. (Margalef, 1983).

Con el análisis factorial se encontró que el 85% del total de la variación del sistema estuvo dada por los cinco primeros factores, los dos primeros fueron los más importantes (54.6 y 59.7%) para la primera y segunda fase del trabajo respectivamente (Tabla 2). Dentro de estos dos factores se encuentra la temperatura, como uno de los parámetros de mayor influencia en la dinámica de los sistemas en cuestión ya que se presenta una mezcla constante, que favorece la redistribución de nutrientes, gases y sólidos disueltos, por otro lado las variables restantes constituyen en gran parte el factor edáfico descrito por Henderson *et al.* (1973), los cuales explican en mayor proporción el comportamiento del bordo Chavarría e incluye la autorregulación del sistema de carbono en el bordo de Michapa, aunque la conductividad como indicador del factor edáfico en este sistema se encontró en el Factor II (Tabla 2), estos factores son los responsables de la mineralización al ser elementos de proporcionalidad constante (Margalef, 1983).

Además, en estos sistemas el comportamiento térmico se ve afectado por la alta turbiedad, presentando un mayor calentamiento en las capas superficiales de la columna de agua, y un intervalo de variación mayor entre la temperatura de superficie y fondo como lo infiere Williams (1987), por lo que en este análisis las variables del factor edáfico y la temperatura se asocian.

Para la primera fase del trabajo, se observó que la tilapia presentó un bajo crecimiento por la alta

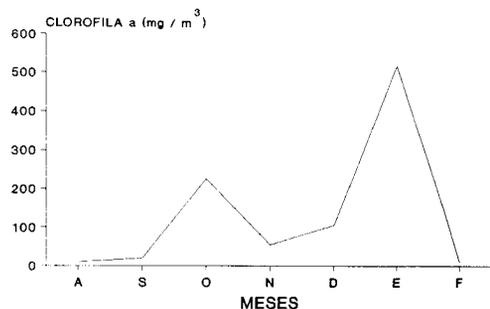


FIGURA 5. Variación de la concentración de clorofila "a" en el embalse de Chavarría (1984-1985).

TABLA 3. Crecimiento de las especies en las diferentes fases de la investigación, durante el período de Julio de 1983 a Enero de 1987.

BORDO	PERIODO	FASE	ESPECIE	DENSIDAD	LONG. INICIAL	PESO INICIAL	TIEMPO L ₀₀	W ₀₀	Km	
				org/m ²	Prome- dio cm	Prome- dio g	sema- nas	cm	g	
MICHAPA	Jul 83- Abr 84	I	<i>O.u. hornorum</i>	0.1	5.2	7.6				
			machos				23	14.3	91.1	3.30
			hembras				20	13.8	84.4	2.60
Produc. total 102 Kg/ha/año										
CHAVARRIA	Jul 83- Abr 84	I	<i>O.u. hornorum</i>	0.1	5.2	7.6				
			hembras y machos				28	22.6	203	-
Produc. total 304 Kg/ha/año										
CHAVARRIA	Jul 84- Mar 85	II	<i>O.u. hornorum</i>	0.06	7.2	16.7				
			machos				30	17.5	229	
			<i>C.c. rubrofuscus</i>	0.19	1.8	0.16	33	32.4	538	60.3
			<i>A. nobilis</i>	0.05	2.2	0.18	24	26.2	300	83.2
			<i>H. molitrix</i>	0.10	2.8	0.31	23	24.5	229	12.7
Produc. total 791 Kg/ha/año										
CHAVARRIA	Jun 86- Ene 87	III	<i>O.u. hornorum</i>	2	2.1	3.23				
			hembras y machos				20	14.8	123	36.77
			<i>C.c. rubrofuscus</i>	4	2.1	0.35	20	25.8	595	60.27
Produc. total 1,500 Kg/ha/año										

tasa de reproducción en el bordo de Michapa (Tabla 3), de modo que la incorporación continua de organismos a la población incrementa la densidad, lo que provoca una reducción en las tallas por efecto de que la competencia intraespecífica por espacio y alimento sea mayor o por la canalización de la energía preferentemente a la reproducción y no al crecimiento. Durante todo el tiempo del estudio se registraron diferentes estadios gonádicos de acuerdo con la clasificación de Nikolski (1963), los cuales no siguen un patrón bien definido (Fig. 7), al sucederse varias reproducciones, y un enanismo evidenciado con un 90% de organismos menores a 10 cm, propiciandofinalmente un bajo rendimiento, a diferencia de lo que sucedió en el Bordo de Chavarría, donde a pesar de que se presenta el mismo fenómeno, los organismos llegaron a alcanzar los 22 cm y

peso máximo de 203 gr. Esto se explica principalmente por las características edáficas de las cuencas; para el caso de Chavarría los suelos son ricos en materia orgánica y de textura intermedia, lo que favorece el acarreo de material orgánico alóctono el cual, además de ser un recurso alimenticio abundante para estos organismos tiende a incrementar la productividad primaria. En cambio en Michapa el suelo es arcilloso y plástico por lo que se encuentra una reducción en este proceso y un incremento en la turbiedad abiogénica. Por lo cual se escogió al bordo de Chavarría para continuar trabajando.

En estos sistemas al existir aportes constantes de materia orgánica, producto de las deyecciones del ganado que en ellos abreva y debido a que en cierto momento se presenta una reducción de la

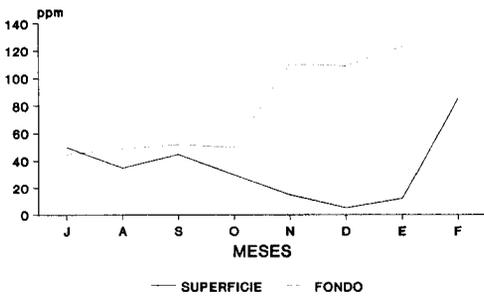


FIGURA 6. Variación de la alcalinidad en el bordo de Chavarría (1984-1985).

penetración de la luz por efecto de una alta turbiedad abiogénica y biogénica, se ocasiona una reducción de la producción primaria durante la fase de concentración. Existe la posibilidad de que peces plantófagos consuman el fito y zooplankton en la etapa de dilución y organismos omnívoros o detritívoros, la materia orgánica particulada o en suspensión que se encuentra disponible en el embalse durante la mayor parte del tiempo. Por lo que resulta conveniente hacer un manejo integral de la columna de agua y de los diferentes recursos alimentarios, al emplear especies que ocupen diferentes nichos ecológicos, con lo que se reduce la competencia interespecífica en este ecosistema.

Por lo que en la segunda fase, con el policultivo se obtuvo como resultado un mejor crecimiento de los organismos en talla y cuando no, en peso (Tabla 3), los cuales estuvieron en función al tamaño de introducción (carpas en talla de cría de 2 a 4 cm y la mojarra de 8.6 cm en promedio) y de las altas tasas de crecimiento instantáneo de los organismos (c. cabezona 4.16%, c. plateada 3.39%, c. barrigona 2.18% y para la mojarra 0.95% promedio para ocho meses) lo que sugiere un posible sinergismo entre las especies, que las obliga a hacer un mejor uso de los recursos como lo mencionan Shepherd y Bromage (1988).

Además, de los valores obtenidos del Factor de Condición Múltiple (KM), se refleja que las especies tuvieron una mejor alimentación, excepto para la carpa plateada debido a una subalimentación dada por la competencia interespecífica por el fitoplancton como se observa en la variación de los espectros tróficos de las especies (Fig. 8), los cuales dependieron de la disponibilidad y

competencia por el alimento, así como de cierta selectividad en relación con los hábitos alimenticios de cada especie. Así, durante los meses de octubre y diciembre los altos porcentajes de fitoplancton encontrados en los tractos de la mojarra, carpa plateada y cabezona, hablan de la alta disponibilidad de este recurso gracias a la eutrofia del sistema que aumentó conforme disminuía el volumen, y provocó altas tasas de renovación del plancton, como se observó por los florecimientos de fitoplancton en el nivel superficial de la columna de agua, el incremento en la concentración de clorofila "a" (Fig. 5), así como el abatimiento del CO_2 por efecto de la fotosíntesis, lo que trajo como consecuencia un proceso de descalcificación epilimnítica en la fase de concentración (Fig. 6).

La selectividad de las especies filtradoras se vio afectada por la dinámica del sistema, que las sometió a una mayor presión conforme se redujo el área y el volumen, y se concentraron los materiales y sólidos disueltos, aunque para la carpa cabezona (zooplantófaga) esta selectividad parece no ser tan estricta en comparación con la carpa plateada (fitoplantófaga), al comparar la condición (KM) y la tasa de crecimiento para ambas especies, la carpa cabezona fue la que presentó la más alta tasa de crecimiento en las primeras fases de desarrollo y mientras el zooplankton estuvo disponible en la fase de dilución, no obstante que modificó sus hábitos alimenticios al final de la fase de concentración. En cambio, la mojarra por ser omnívora pudo ajustar sus preferencias alimenticias de acuerdo con la disponibilidad del mismo, aunque mantuvo cierta preferencia por el plancton. Para la carpa barrigona con hábitos alimenticios detritívoros no existieron limitantes de su recurso (materia orgánica alóctona y autóctona), el cual se incrementó a lo largo del tiempo.

En la última fase de estudio, se presentó un menor crecimiento para la tilapia por efecto de la reproducción, en comparación con la fase anterior, aunque aumentó la condición de la especie, lo que refleja que aunque la energía se canalizó preferentemente a la reproducción, el alimento no fue limitante; el máximo peso se obtuvo para la carpa barrigona, y se mantuvo aproximadamente constante el factor de condición múltiple (Tabla 3), de donde se infiere que las especies aprovechan la alta producción de la comunidad

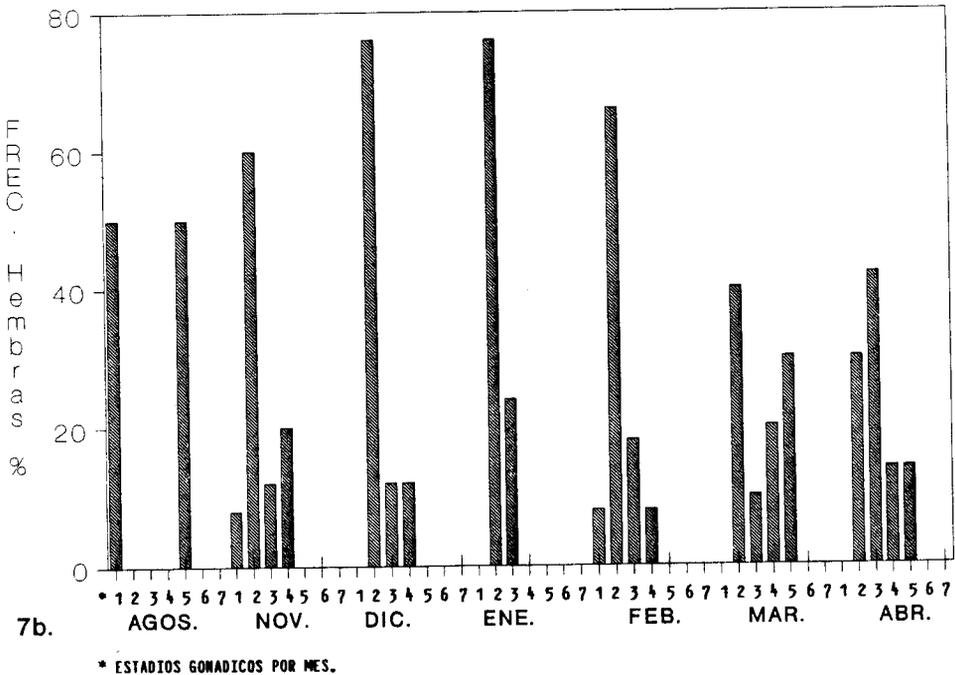
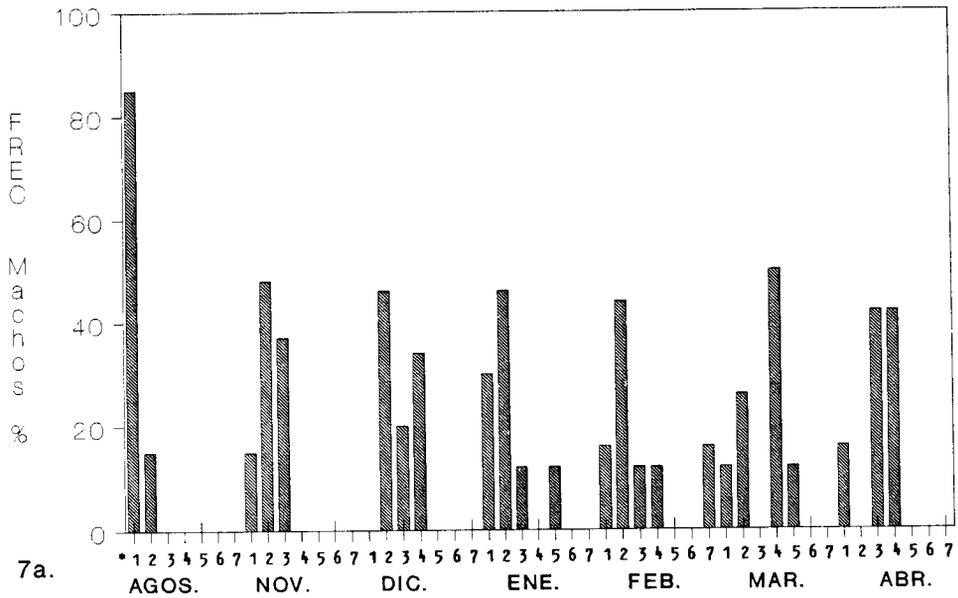


FIGURA 7. Frecuencia de estadios gonádicos obtenidos para la mojarra en el sistema de Michapa (1984-1985).

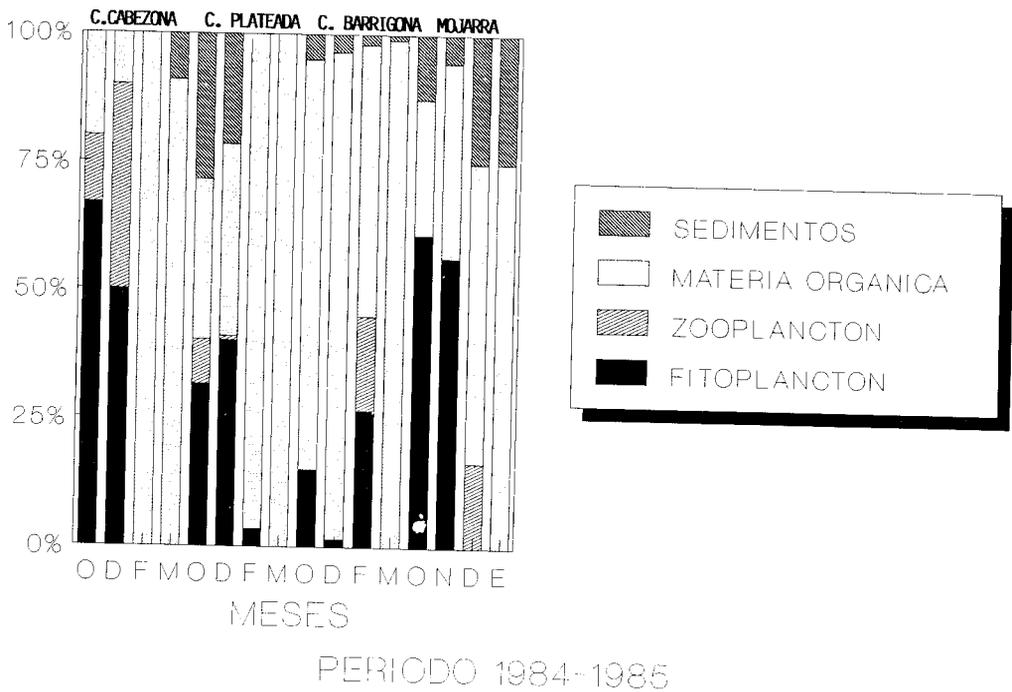


FIGURA 8. Variación de los espectros tróficos de las especies en policultivo en el bordo de Chavarría, Edo. de Morelos.

planctónica en la fase de dilución y la acumulación del material orgánico (autóctono y alóctono) en la fase de concentración.

Finalmente, en el análisis de regresión múltiple entre el KM y las variables que componen el factor I, se encontraron para la primera fase en el bordo de Michapa, coeficientes que variaron entre 0.83 y 0.99 y para Chavarría en la segunda fase de 0.7 y 0.99 con $p < 0.05$. Lo que corrobora la influencia de estas variables sobre la condición y crecimiento de las especies.

Como una manera de optimizar la producción de este tipo de embalses se propone a partir de esta investigación, el siguiente modelo (Fig 9): la siembra desfasada de las especies, al inicio de la estación de lluvias (en el mes de julio), primero las carpas plateada, cabezona y barrigona en una proporción de 1:2:3 con tallas de alevín de 1 a 3 cm, y con una densidad total de 4 org./m. Ya que las comunidades planctónicas dan lugar a una producción primaria y secundaria adecuada para

una buena alimentación de las especies plantófagas (carpas plateada y cabezona), las cuales presentan una alta tasa de crecimiento en las primeras fases de desarrollo.

Por otra parte la carpa barrigona, detritívora, se puede introducir con las otras dos plantófagas ya que como en la fase de dilución el plancton y la materia orgánica tienden a aumentar por el acarreo de nutrientes y materiales al sistema, la creciente disponibilidad de materia orgánica, permite el suministro de recursos alimenticios suficientes en un ambiente donde los peces cuentan con mayor espacio y oxígeno. Y, para el inicio de la etapa de concentración (finales de mes de octubre) la siembra de machos de mojarra monosexada. Esta última especie omnívora, al sembrarse durante la fase de concentración, en tallas mayores de 10 cm de longitud promedio y una densidad total de 2 org./m, ajusta sus preferencias alimenticias al recurso más abundante, el detrito, con la consecuente discriminación de las fuentes tróficas para sendas especies.

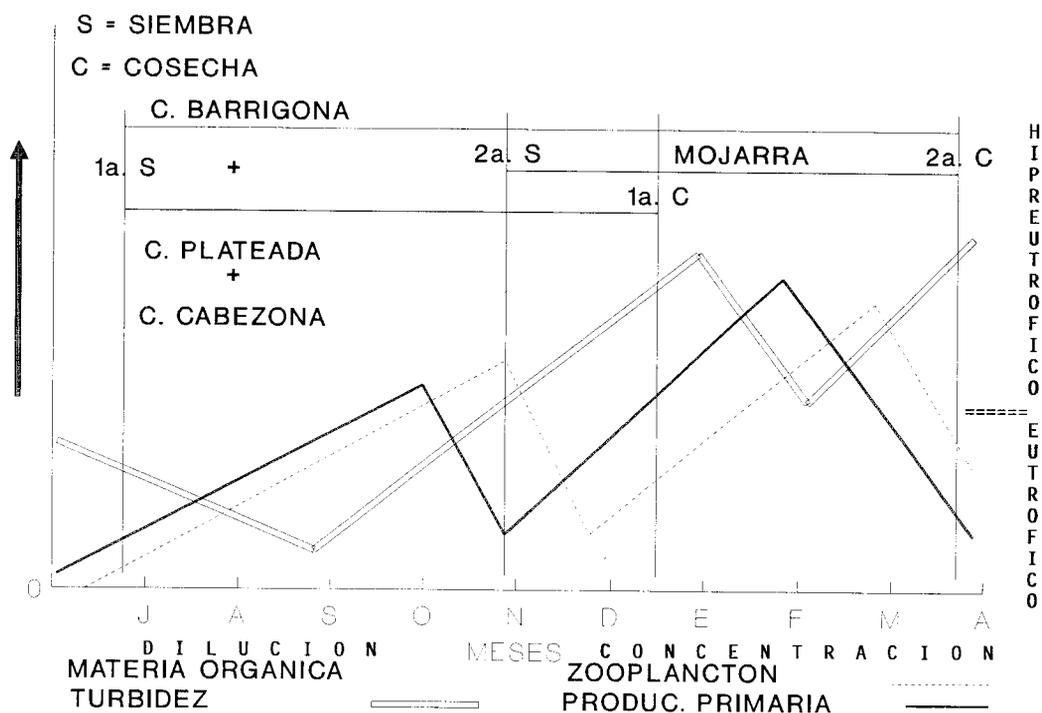


FIGURA 9. Modelo para la optimización de la producción piscícola en el bordo de Chavarría.

Finalmente, se propone la cosecha en forma desfasada de las especies después de seis meses de haberse llevado a cabo su introducción, con lo que se espera una peso promedio entre 200-250 g para las carpas plateada y cabezona. Al cosechar estos peces se reduce la competencia por espacio una vez que disminuye el área, el volumen del sistema, y la calidad del alimento planctónico el cual en la época de concentración es menos asimilable dado que la sucesión poblacional tiende al incremento de clorofíceas, cianofíceas y rotíferos al presentar el sistema características de hipereutrofia. En cambio, la materia orgánica en solución, la particulada y los detritos, producto de una mayor tasa de renovación del plancton, estaría a disposición de la mojarra y la carpa barrigona, las cuales tenderían a crecer más en peso que en longitud. Con lo que se obtendría en la segunda cosecha organismos mayores de 400 gr en promedio.

CONCLUSIONES

Estos pequeños embalses se tipifican como eutróficos e hipereutróficos como resultado de las altas concentraciones de materia orgánica.

La dinámica de los sistemas incluye procesos de dilución y concentración de materiales, asociados con las estaciones de lluvias y estiaje respectivamente.

El policultivo piscícola es la estrategia de manejo más adecuada para estos sistemas, los cuales presentan la potencialidad de soportar altas densidades de carga de peces omnívoros o detritívoros y bajas de especies plantófagas o sean resistentes a las condiciones cambiantes de este medio, con lo que se logra incrementar de manera significativa los rendimientos, de 750-1500 Kg/ha/año.

Los factores condicionantes de los rendimientos comprenden la cadena de pastoreo en la fase de dilución y la de detritos de mayor trascendencia en la fase de concentración, para ambientes donde las variables abióticas más importantes son las edáficas y la temperatura.

LITERATURA CITADA

- APHA, AWWA y WPCF., 1980. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. Washington. 872 pp.
- ARREDONDO F., J.L. y J.L. GARCÍA-CALDERÓN, 1982. La conducta físico-química y el rendimiento pesquero en un estanque temporal tropical utilizado para la piscicultura extensiva en el Estado de Morelos, México. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*. 12:6-13.
- ARREDONDO F., J.L. y J.R., P., JUÁREZ, 1985. La granja integral de policultivo de Tezontepec de Aldama, Hidalgo; un modelo para avanzar hacia el desarrollo rural integral. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*. 24:31-44.
- ARREDONDO F., J.L., A. HERNÁNDEZ, R.M. OCHOA y J. PONCE, 1982. Aplicación de técnicas de análisis multivariado en el estudio de embalses temporales. Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. UNAM. *Comunicaciones Técnicas. Serie Naranja*. 300:1-60.
- BALARIN, D.J., 1979. *Tilapia. A guide of their biology & culture in Africa*. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling, Scotland, Stirling:1-42.
- BARCLAY, M.H., 1966. An ecological study of temporary near Auckland, New Zealand. *Aust. J. Mar Freshwat Res.* 17:239-258.
- CABRERA J., J.A. y J.L. GARCÍA-CALDERÓN, 1986. Estado de la Acuicultura en México al término de 1982.:721-741. En: Bardach, J. E., J.H. Ryther., W.O. McLaren. (Eds.). *Acuicultura*. AGT. Editor, S.A. México.
- COLE, G.A., 1979. *Textbook of limnology*. Mosby. St. Louis. 426 p.
- DABORN, G.R. y H.G., CLIFFORD., 1974. Physical and chemical features of an aestival pond in western Canada. *Hidrobiología*. 44(1):43-59.
- EVERHART, W.H. y W.D. YOUNGS., 1981. *Principles of fishery science*. Cornell University Press. New York. 349 pp.
- GARCÍA, E., 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Offset Larios, S.A. México. 252 pp.
- GANNON, J.E. y R. S. STEMBERGER. 1978. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicator of water quality. *Trans. Amer. Micros. Soc.* 97:16-35.
- HAKANSON, L. 1981. *A manual of Lake Morphometry*. Singer-Verlag, Berlin. 77 pp.
- HENDERSON, H.F., R.A. RYDER, y A.W. KUDHONGAWA. 1973. Assessing fishery potentials of lakes and reservoirs. *J. Fish. Res. Board Can.* 30:2000-2009.
- HERNÁNDEZ-AVILÉS J.S. y J.L. GARCÍA-CALDERÓN. 1990. La acuicultura, hacia el manejo integrado de los recursos. :15-37 pp. En: *La acuicultura en México, de los conceptos a la producción*. Univ. Nal. Autón., México.
- HUET, M. 1978. *Tratado de Piscicultura*. Mundi Prens. Madrid. 745 pp.
- HUTCHINSON G.E. 1957. *A treatise on Limnology. (1)*. John Wiley & Sons. New York. 1015 pp.
- JUÁREZ P., J.R. 1982. *La Piscicultura en la República Popular China durante la visita oficial efectuada del 4 de agosto al 10 de octubre de 1979*. Secretaría de Pesca. México. 105 pp.
- LEHMAN, T. J., 1975. Reconstructing the rate of accumulation of lake sediment focusing. Department of Zoology. University of Washington. Seattle. *Quaternary Research* 5:541-550.
- LEWIS, W. M. Jr., 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1779-1787.
- MAIR, G.C. y D.C. LITTLE 1991. Population control in farmed tilapias. Naga, *The ICLARM Quarterly* 14(3):8-13.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010 pp.
- MEDINA G., M. 1980. El factor de Condición múltiple (KM) y su importancia en el manejo de la carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*) hembras en estado de madurez V. (Nikolsky, 1963). *Manuales Técnicos de Acuicultura*. Depto. de Pesca. México 1(1):1-34.
- NEEDHAM, J. G. 1978. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Revwertw, S. A. Madrid. 131 pp.
- NEUMANN, J., 1959. Maximun depth and average depth of lakes. *J. Fish. Res. Bd. Canad.* 16(6):923-927.
- NIKOLSKY, G.V. 1963. *The ecology of fishes*. Academic Press. New York. 352 pp.
- ODULEYE, S.O. 1982. Growth and growth regulations in the cichlids. *Aquaculture* 27:301-306.
- PADUA, J. 1978. Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS): Oferta y condiciones para su utilización e interpretación de resultados. *Cuadernos del CES*. 12:1-104.
- PENNAK, R. W. 1978. *Fresh water invertebrates of the United States*. John Wiley & Sons. New York. 803 pp.
- PRETTO, M.R., 1982. Modulo de producción de Tilapia nilotica macho a nivel de granja para el policultivo de peces. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*. 14:43-45.
- SALINAS DE G., C. 1991. *Anexo estadístico. III Informe de Gobierno*. Presidencia de la República.
- SCHOWERBEL, J. 1975. *Métodos de Hidrobiología*. Blume. Barcelona. 262 p.p.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. 1981. *Nomenclatura de Morelos*. México. 28 pp.
- SHEPHERD, C.J. y N.R. BROMAGE. 1988. *Intensive fish farming*. B.S.P. Profesional Books. Oxford. 404 pp.
- SOKAL, R.R. y F.J. ROHLF. 1979. *Biometría. Principio y Métodos estadísticos en la Investigación Biológica*. H. Blume., Barcelona. 832 pp.
- STRICKLAND, J.D.H. y T.R. PARSONS. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 310 pp.
- VON BERTALANFFY, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.* 10:181-243.

WETZEL, R.G. 1979. *Limnological analyses*. Saunders Company. Philadelphia. 357 pp.

WETZEL, R.G. 1981. *Limnología*. Omega. Barcelona. 679 pp.

WILLIAMS, D.D. 1987. *The ecology of temporary waters*. Croom Helm. London & Sydney. 194 pp.

WILLEMSEN, E.W. 1973. *Understanding statistical reasoning*. W.N. Freeman and Company. San Francisco. 222 pp.

YÁÑEZ-ARANCIBIA., A. 1976. Observaciones sobre *Mugil curema Valenciennes* en áreas naturales de crianza. México. Alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. *An.Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México* 3(1):98-120.

Recibido: Enero, 1992

Aceptado: Octubre, 1992