

ANÁLISIS DE SISTEMAS EXPERIMENTALES DE INTEGRACIÓN PECES-POLLOS

Héctor Quiroz Castelán*, Ophir Martínez Arroyo*, Rocío Palacios Gómez*, Isela Molina Astudillo* y Roberto Trejo Albarrán*

RESUMEN

En este trabajo, el objetivo fue evaluar cuatro tratamientos utilizando estiércoles de diferentes tipos en cultivos experimentales, estimando su eficiencia en relación a la producción piscícola y las características de cada estanque. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Hidrobiología de la UAEM en Cuernavaca, Morelos, México; en estanques de fibra de vidrio, con *Oreochromis niloticus* albina. Se realizaron análisis del plancton, bacteriológicos, bromatológicos, crecimiento piscícola y fisicoquímicos del agua. Las excretas frescas de pollo presentaron variaciones en la cantidad de nutrimentos. Las abundancias de fitoplancton fueron de 17,008 a 70,080 org/ml. Los más abundantes fueron *Closterium sp.* En el zooplancton, las abundancias totales fueron de 302 a 1,706 org/ml. El dominante fue *Moina sp.* El rendimiento fue de 22 a 117 g/m²/6 meses. Considerando lo anterior se observó que la gallinaza digerida fue el estiércol más eficiente de los cuatro. Siempre estuvieron presentes enterobacterias patógenas.

ABSTRACT

In this work the objective was to evaluate four treatments using dung of different kinds from experimental cultures, estimating their efficiency in relation to pisciculture production and the characteristics of each pond. The work was carried out in the Laboratorio de Hidrobiología of the Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) in Cuernavaca, Morelos, Mexico, in fiberglass ponds with albinotic *Oreochromis niloticus*. Analysis was made of plankton, as well as bacteriological, dietetic and piscicultural growth and the physical chemistry of water. Fresh chicken excrement showed variations in the amount of nutriments. Abundance of phytoplankton was from 17,008 to 70,080 org/ml. The most abundant was *Closterium sp.* In zooplankton, total abundance was from 302 to 1,706 org/ml. The dominant zooplankton was *Moina sp.* with a yield from 22 to 117 g/m²/ 6 months. Considering these findings, it was observed that the digested chicken dung was the most efficient of the four. Pathogenic enterobacteria were always present.

Palabras clave: Pollos, Peces, Plancton, Bacterias.

Key words: Chickens, Fishes, Plankton, Bacteria.

INTRODUCCIÓN

En México se han utilizado en la acuicultura actualmente en mayor escala, insumos industrializados, incluso en cultivos con especies que se alimentan óptimamente con alimento natural, que puede ser favorecido

por el manejo adecuado de desechos agropecuarios como los estiércoles animales. La inclusión de este tipo de materiales influye positivamente sobre varios eslabones importantes en las cadenas tróficas acuáticas, ya que los productores primarios, principalmente el fitoplancton, es favorecido por el buen uso de estiércoles y esto

* Laboratorio de Hidrobiología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Mor. Tel. (01 7) 3 16 23 54. e-mail: quiroz@buzon.uaem.mx

Recibido: 9 de Junio de 1999

Aceptado: 14 de Julio de 2000

provoca características adecuadas de alimentación para los productores secundarios, lo cual influye directamente en las condiciones de consumo para los peces, que en los procesos de cultivo es el final de la trama trófica y fundamental en el proceso de producción de proteína comestible, sobre todo en comunidades que no cuentan con las posibilidades de usar sistemas tecnificados de producción, apoyados en insumos procesados.

El uso de estiércoles animales se puede llevar a cabo de varias formas: seco, fresco y digerido. Sin embargo estos procesos pueden provocar diferentes tipos de alteraciones en los sistemas, como: condiciones de anaerobiosis, exceso de producción de oxígeno, acumulamiento de materia orgánica, y proliferación de bacterias patógenas. Una de las principales razones para la utilización adecuada de los estiércoles en acuicultura, es para evitar que su acumulamiento sin control provoque problemas de contaminación.

Los cultivos experimentales en donde se combina la producción de diferentes organismos de consumo humano, representa grandes ventajas económicas, principalmente porque una de ellas, como el pollo contribuye en la producción de peces evitando la utilización de balanceados de elevado costo, este tipo de sistemas opera bajo presión al mantener un equilibrio entre los insumos que demandan los cultivos y la producción de biomasa primaria y secundaria.

Con respecto a lo anterior, se llevó a cabo este trabajo para estimar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques experimentales fertilizados con pollinaza fresca, gallinaza digerida y vacaza seca, considerando algunas características tróficas y fisicoquímicas del sistema.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Hidrobiología de la Unidad Profesional "Los Belenes" de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), en Cuernavaca, Mor. que se ubica entre los 18° 54' 48" L.N. y 99° 13' 41" L.O., a una altitud de 1627 m.s.n.m. Su clima es de tipo A (o) W' (w)' g, que corresponde a cálidos húmedos, con temperatura en el mes más frío mayor de 18°C, es el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano, con un coeficiente P/T entre 43 y 55.2, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual, isotermal de oscilación menor de 50, marcha de temperatura tipo Ganges. (García,1973).

Los cultivos se llevaron a cabo durante seis meses, de octubre de 1995 a marzo de 1996, se utilizaron 8 estanques de fibra de vidrio de 4.5 m³, con 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones, de acuerdo a un diseño estadístico de bloques al azar de acuerdo a Steel y Torrie (1988) y se distribuyeron de acuerdo a la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Relación de tipos de fertilizantes orgánicos utilizados en cada uno de los tratamientos y pares de estanques.

TRATAMIENTO	ESTANQUES	TIPO DE FERTILIZANTE	OBSERVACIONES
1	1 y 2	Fertilización directa con estiércol fresco de pollo alimentado a saciedad con balanceado marca "Purina"	Se implementaron gallineros de 1 m ² con un pollo de engorda de 300 g promedio de peso cada uno
2	3 y 4	Fertilización directa con estiércol fresco de pollo o alimentado a saciedad con una dieta elaborada con maíz, trigo, arroz y sorgo	Se implementaron gallineros de 1 m ² con un pollo de engorda de 300 g promedio de peso cada uno
3	5 y 6	El fertilizante para este tratamiento fue Gallinaza digerida.	
4	7 y 8	Se fertilizó con vacaza seca (Barash y Schroöder, 1984; Milstein et al., 1991 y Quiroz, 1996)	Testigo

Los parámetros físicos y químicos que se estimaron cada 15 días, fueron: dureza total, alcalinidad total, bióxido de carbono y oxígeno disuelto con las técnicas propuestas por APHA(1992) y Boyd (1979). La temperatura (termómetro digital Hanna), pH (potenciómetro

pHep, Hanna) y transparencia (disco de Secchi). Los análisis del estiércol de pollo se realizaron al inicio del período de engorda y se repitieron al final del cultivo, se analizó la vacaza y la gallinaza así como la dieta de granos para cuantificar elementos presentes como el nitrógeno (Técnica de Kjeldahl), fósforo (Técnica Colorimétrica) y carbono (Técnica de Walkley Black) estos análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Ciencias Ambientales del Centro de Investigaciones en Biotecnología de la UAEM.

Para el análisis fitoplanctónico, cada quince días se extrajeron muestras de manera directa de agua de la superficie de cada estanque, con botellas de 125 ml, a cada una se le agregó 5 ml de solución de formol al 4% como fijador (Wetzel and Likens, 1979). Se tomó una alícuota de 10 ml para su análisis y se sedimentaron durante 24 horas de acuerdo con la Técnica de Uthermöhl (1958) (en Wetzel and Likens, 1979). Utilizando un microscopio invertido modelo Wild M-40, se identificaron los principales organismos por grupo y se cuantificaron, expresándose en organismos por unidad de volumen. El zooplancton, se colectó quincenalmente utilizando una botella Van Dorn de 2 litros de capacidad, posteriormente el agua se filtró con una malla de 110 μ , y los organismos se fijaron con formaldehído al 4%. Para su cuantificación e identificación se utilizó una cámara Sedwick-Rafter y un microscopio modelo Wild-20, (Wetzel y Likens, 1979).

Los peces utilizados en el cultivo fueron de la especie *Oreochromis niloticus*, variedad albina, donados por el Centro Piscícola de Zacatepec, Mor. Con una densidad de 2 org/m², de aproximadamente 0.4g. Para evaluar su crecimiento se realizaron tres muestreos en cada estanque, al inicio, a los 60 días y al final del cultivo de toda la población. Se determinó el incremento y la dispersión en peso de la especie, por medio de diagramas de caja del análisis exploratorio de datos (Tukey, 1977) y regresión lineal (Ricker, 1973), con el programa Statgraphics ver 2.4. Además se calcularon el porcentaje de peso

ganado y el coeficiente de crecimiento específico (Weatherley, 1972; Teshima *et al.*, 1978).

Para el estudio bacteriológico, se analizaron muestras de la superficie del agua, del sedimento, de los estiércoles y de los peces inicial, a los 3 y 6 meses. Con un isopo estéril se colectaron e inocularon las muestras en caldo de cultivo estéril, para favorecer el crecimiento de las bacterias entéricas y patógenas, y en caldo de peptona alcalina para favorecer el crecimiento de *Vibrio cholerae*. Ambos caldos se incubaron a 37°C por 24 horas (Holt, *et al.* 1994). Posteriormente se inocularon en 3 medios de cultivo en placas de EMB, XLD y Verde brillante, selectivos y diferenciales para bacterias patógenas. La peptona alcalina se inoculó en medio TCBS selectivo para *V. cholerae*. Las pruebas bioquímicas para la identificación se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis clínicos del Hospital Morelos de Cuernavaca, Mor.

Para corroborar las diferencias entre los tratamientos y sus diferentes tendencias se llevaron a cabo los análisis estadísticos básicos y el coeficiente de variación, análisis de varianza, y comparaciones de medias (Steel y Torrie, 1988).

RESULTADOS

Parámetros físicos y químicos: La temperatura en los tratamientos uno y dos, presentó una mínima de 18°C y una máxima de 25°C, en el tres de 17°C y 24°C; y en el cuatro de 16°C y 22°C. El pH registró un promedio de 8°C en todos los tratamientos. El promedio del oxígeno disuelto en el tratamiento uno fue de 13.3 mg/l, con un máximo de 26.5 mg/l, un mínimo de 8.2 mg/l y un c.v. de 47.2%. En el dos de 12.5 mg/l, 20.0 mg/l, 9.7 mg/l y 32.1%. En el tres de 9.8 mg/l, 16.4 mg/l, 5.5 mg/l y 35.3%. Los valores en el cuatro fueron menores, con 9.6 mg/l, 11.6 mg/l, 6.0 mg/l y 20% respectivamente.

El CO₂ presentó en el tratamiento uno: 11.5 mg/l de promedio, 44.5 mg/l como máximo, el c.v. fue de 146.0%. En el dos de 4.4 mg/l,

23.0 mg/l y 194.9%. En el tres se presentaron los mayores valores, con 21.7 mg/l, 64.0 mg/l y 112.2 %. En el cuatro 1.2 mg/l, 8.7 mg/l y 264.3% respectivamente. En lo que se refiere a la alcalinidad total, en el tratamiento uno el promedio fue de 73.2 mg/l, con un máximo de 165.0 mg/l y un mínimo de 27.5 mg/l, su c.v. fue de 62.0%. En el dos fue de 61.6 mg/l, 97.5 mg/l, 35.0 mg/l.v. 30.0 %. En el tres de 58.0 mg/l, 93.0 mg/l, 30.0 mg/l y 41.7 %. En el cuatro de 52.5 mg/l, 99.0 mg/l y 25.3 mg/l y 45.6% respectivamente.

Las concentraciones de la dureza total que se registraron fueron las siguientes: en el tratamiento uno el promedio fue de 117.2 mg/l, el cual fue el mayor de todos los tratamientos con un valor máximo de 241.0 mg/l y un mínimo de 54.0 mg/l, su c.v. fue de 57.8%. En el dos de 101.2 mg/l, 141.0 mg/l, 50.0 mg/l y de 34.7 %. En el tres de 95.8 mg/l, 148.0 mg/l, 50.0 mg/l y 31.0%. En el cuatro de 96.0 mg/l, 124.0 mg/l, 58.0 mg/l y 26.1%. Los análisis de varianza indicaron que no se presentaron diferencias significativas en cuanto a estos parámetros se refiere entre los cuatro tratamientos ($P < 0.05$). La transparencia del agua en los tratamientos uno, dos y tres fue similar a partir del primer mes de cultivo, con valores de 12 a 15 cm. En el cuatro, siempre fue mayor a 60 cm.

Análisis bromatológicos. - Los resultados de los elementos presentes en los estiércoles se pueden observar en la tabla 2.

Fitoplancton. - Se presentaron cuatro divisiones: Chromophyta, Euglenophyta, Cyanophyta y Chlorophyta. Las abundan-

cias totales registradas durante el ciclo de cultivo fueron las siguientes: 70,080 org/ml, 47,646 org/ml, 17,008 org/ml y 31,085 org/ml, del tratamiento uno al cuatro respectivamente. La distribución de la abundancia por divisiones se observa en las figura uno. El análisis de varianza indicó que ninguno de los valores del fitoplancton registrados fue diferente significativamente ($P > 0.05$).

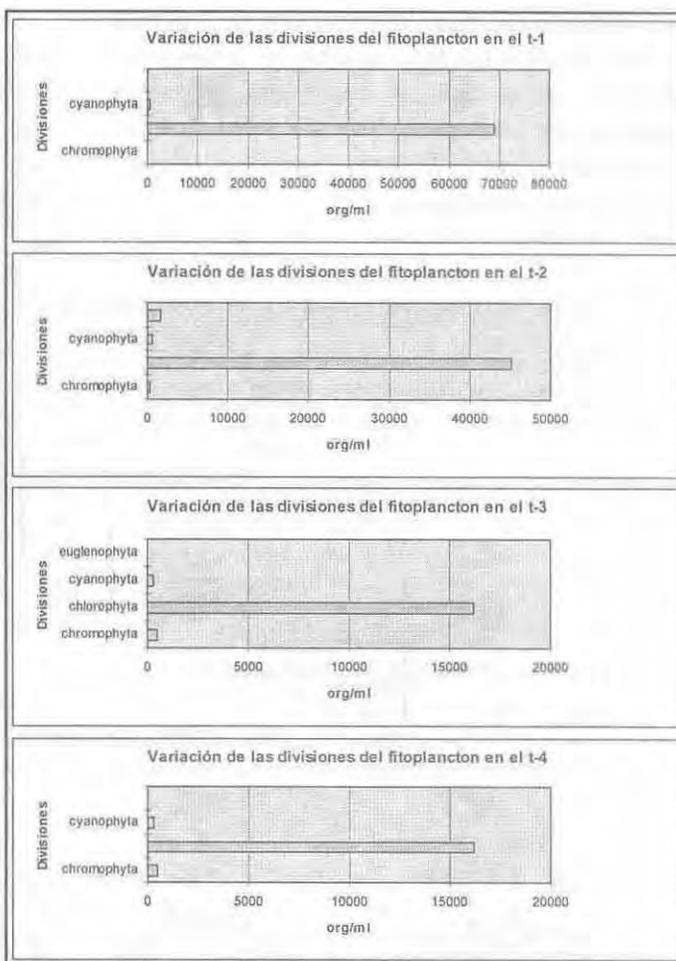


Figura 1. Variación Total de las abundancias por grupo del fitoplancton en los 4 tratamientos.

Tabla 2. Resultados de los análisis bromatológicos realizados a los estiércoles utilizados para fertilizar el agua de los cultivos.

NUTRIENTE	TIPO DE FERTILIZANTE			
	Pollinaza fresca "dieta de granos"	Pollinaza fresca "Purina"	Gallinaza	Vacaza seca
Carbono	Inicial. 9.87 % Final. 11.08 %	Inicial. 6.41 % Final. 8.32 %	12.23 %	11.17 %
Nitrógeno	Inicial. 3.87 % Final. 7.00 %	Inicial. 5.20 % Final. 7.23 %	5.87 %	4.70 %
Fósforo	Inicial. 8200 ppm Final. 7650 ppm	Inicial. 6000 ppm Final. 6000 ppm	6000 ppm.	3775 ppm.

En lo que respecta a las densidades por grupo, éstas se observan en la tabla tres. Los géneros más abundantes que se encontraron fueron: *Closterium sp*, *Cosmarium sp*, *Scenedesmus sp* y *Microcystis sp*.

Zooplankton.- Las abundancias totales que se observaron fueron, en el tratamiento uno de 1,706 org/ml, en el dos de 733 org/ml y en el tres y cuatro de 986 org/ml y 302 org/ml. La abundancia por grupos se observa en la figura 2. Los valores totales, máximo y mínimo se observan en la Tabla 4. No hubo diferencia entre los 4 tratamientos, (P>0.5). Se identificaron 3 grupos en los 4 tratamientos: Cladóceros, Copépodos y Rotíferos.

En general, los Cladóceros fueron el grupo más dominante con los géneros *Moina* y *Diaphanosoma* (Fig. 2).

Crecimiento de los Peces: Se obtuvieron diferentes rendimientos en cada tratamiento. La biomasa total final fue de 82.7 gr/m²/6 meses en tratamiento uno y 93.8 gr/m²/6 meses en el dos. El mayor correspondió al tres con 117 gr/m²/6 meses y finalmente el cuatro registró 22.3 gr/m²/6 meses. El análisis de varianza mostró que sí se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (P<0.05). Las comparaciones de medias mostraron que el único tratamiento diferente respecto al crecimiento de los peces fue el cuatro.

Tabla 3. Registro de máximos, mínimos y totales de los organismos fitoplanctónicos por división.

Divisiones	TRATAMIENTO	Chlorophyta		Cyanophyta		Chromophyta		Euglenophyta	
		org/ml	mes	org/ml	mes	org/ml	mes	org/ml	mes
T1	max.	35696	ene.	268	nov.	142	nov.	0	
	min.	483	mar.	483	feb.	2	dic.	0	
	Total	69200		595		285		0	
T2	max.	37958	ene.	225	oct.	129	oct.	1489	feb.
	min.	20	mar.	35	mar.	8	dic.	124	mar.
	total.	45116		594		320		1613	
T3	max.	12059	ene.	163	oct.	313	ene.	8	ene.
	min.	182	oct.	0		2	mar.	2	feb.
	total.	16212		314		470		12	
T4	max.	11772	feb.	97	nov.	599	nov.	8	mar.
	min.	70	oct.	2	mar.	22	feb.	0	
	total.	29733		171		1173		8	

Tabla 4. Registro de máximos, mínimos y totales de los organismos zooplanctónicos por grupo.

Grupos	TRATAMIENTOS	Cladocera		Copepoda		Rotifera	
		org/ml	mes	org/ml	mes	org/ml	mes
T1	max.	959	enero	117	enero	41	febrero
	min.	16	octubre	3	octubre	1	octubre
	total	1471		192		43	
T2	max.	353	enero	31	febrero	12	noviembre
	min.	3	octubre	3	octubre	1	diciembre
	total	625		92		16	
T3	max.	376	enero	36	enero	27	febrero
	min.	16	marzo	1	octubre	2	marzo
	total	846		90		50	
T4	max.	122	marzo	11	febrero	9	enero
	min.	3	octubre	2	diciembre	1	octubre
	total	241		32		29	

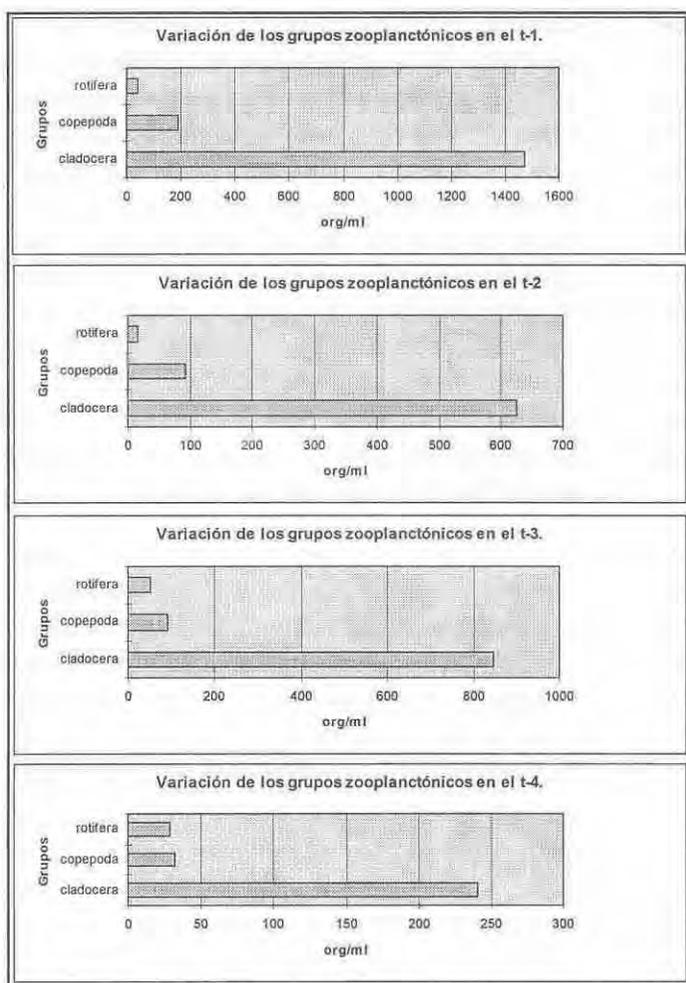


Figura 2. Variación de las abundancias totales por grupo del zooplancton en los cuatro tratamientos.

Al respecto del porcentaje de peso ganado (Teshima *et al.* 1978) los resultados fueron los siguientes: en el tratamiento uno 8140%; en el dos 11625%; en el tres, 11500% y el menor en el cuatro 2120%. El crecimiento específico (Weatherley, 1972) fue menor en el tratamiento cuatro con un 0.026 y el mayor el del T-2 con 0.025. En el uno y tres de 0.023 y 0.025, respectivamente. La ganancia en peso neto y el promedio de peso que se registraron fueron: en el tratamiento uno 40.7 gr y 41.17 gr; en el dos 46.5 gr y 46.94 gr; en el tres, 57.5 gr y 58.78 gr y finalmente en el cuatro 10.7 gr y 11.18 gr. Tabla 5.

En cuanto a los resultados del análisis exploratorio de datos, en el tratamiento uno, no se observó una gran dispersión de los datos de peso durante el primero y segundo muestreo, se presentó una mayor a los 150 días. En el dos también se presentó marcadamente a los 150 días, pero es menor a la del uno. En el tres se inició la dispersión a los 60 días y aumentó significativamente a los 150 días. En el cuatro se registró un indicio de dispersión a los 60 días y a los 150 días una gran dispersión, mayor que los tratamientos anteriores. En el uno y dos el crecimiento fue similar, aumentó después de los 60 días de cultivo y se mantuvo constante y uniforme los primeros 60 días. En el tres y cuatro los primeros 60 días no hay aumento considerable en las tallas, pero a los 150 días en tres se apreció un mayor crecimiento homogéneo, mientras que en cuatro el crecimiento fue mínimo.

Relación Peso-Longitud (Regresiones): Los valores del coeficiente de correlación (r) fueron en los cuatro tratamientos de 0.99; 0.97, 0.95 y 0.91. El valor de las pendientes fue de 1.68, 1.66, 1.62, 1.29 respectivamente. Los coeficientes de variación de los valores del promedio del peso de los peces por tratamiento fueron: 23.85%; 20.1%; 34.6% y 44.5%.

Tabla 5. Registro de promedios de Tasa de mortandad, Ganancia en peso neto, Promedio de peso, Peso máximo, Peso mínimo y Coeficiente de variación de los peces del cultivo.

Tratamientos	1	2	3	4
Tasa de mortandad	0%	11 %	0 %	0 %
Ganancia peso neto (g)	40.7	46.5	57.5	10.7
Promedio de peso (g)	41.1	46.9	58.7	11.1
Peso máximo (g)	56.0	63.0	90.0	16.2
Peso mínimo (g)	27.0	34.0	31.0	3.7
C. de variación.	23.8 %	20.1 %	34.6 %	44.5 %

Bacterias: El florecimiento bacteriano estuvo presente desde la primera semana hasta el fin del cultivo con los géneros y especies siguientes: *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *Shigella sp.*, *Citrobacter freundy*, *C. diversus*, *Pseudomona aeruginosa*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella enteritidis*, *Enterobacter aerogenes*, *E. agglomerans*, *Bacillus sp.*, *Providencia stuartii*, *P. alcalifaciens*, *Pseudomona sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Flavobacterium sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Kliebsiella oxytoca*, *Bacillus anthracis*, *Edwarshiella tarda*, *Yersinia enterocolitica*, *Serratia marcescens*.

Durante todo el cultivo se mantuvieron en su máximo las poblaciones de bacterias, resultando concentraciones coloniales incontables en las placas. Únicamente en diciembre se presentó un lapso de tiempo crítico en donde sólo se encontraron 2 especies *E. coli* y *P. vulgaris*.

DISCUSIÓN

Los cultivos semi-intensivos de peces se llevan a cabo en estanques rústicos con sedimento rico en minerales, que con el agua determina las características físicas y químicas del sistema de producción. En este trabajo se utilizaron estanques de fibra de vidrio, sin sedimento, inicialmente, este factor fue una diferencia que influyó en la calidad del agua, ya que esta no recibió los minerales que normalmente aporta el sustrato del estanque y los ciclos biogeoquímicos se modifican, afectando los procesos relacionados con la productividad primaria. Es posible lograr que el agua de un sistema de producción sea enriquecida con nutrientes por medio de la utilización de abonos orgánicos, pero se debe considerar que éstos pueden alterar algunos parámetros físicos y químicos y ponerse en riesgo a organismos de diversos niveles tróficos (Quiroz, 1996).

La temperatura del agua en los cultivos es fundamental, ya que el aumento o disminución de ésta, bruscamente por periodos prolongados interrumpe o limita el crecimiento de los peces.

Chen (1990) menciona que *O. niloticus* crece y se desarrolla a temperaturas mayores de 20°C. La variedad albina de esta especie soporta temperaturas más bajas ya que presenta buen crecimiento a 16°C. En esta experiencia la temperatura del agua de los tratamientos uno, dos y tres no estuvo distante del valor óptimo de crecimiento por periodos significativos. En el cuatro se presentó un descenso constante de 4°C desde los 20°C en los meses de diciembre, enero y febrero, por lo tanto se considera que el intervalo de temperatura que se presentó en este tratamiento pudo ser un factor determinante en el mínimo crecimiento de los peces.

La transparencia del agua de los estanques disminuye por la cantidad de sólidos disueltos que contiene, o por la cantidad de fitoplancton existente en los estanques, especialmente en los fertilizados (Almazan y Boyd, 1978). Existe una relación entre este parámetro y la cantidad de abono en función del tiempo en que se aplica, de acuerdo con Arredondo (1993), en la estanquería rústica las transparencias recomendadas son menores de 30 y 40 cm, coincidiendo con este trabajo al respecto de los tratamientos uno, dos y tres, no así para el cuatro en el cual se observó durante todo el cultivo una transparencia mayor. Lo anterior indica que las cantidades y el tipo de material para la fertilización en los estanques del uno al seis provocaron lo anterior, no así para los estanques siete y ocho ya que la biomasa planctónica fue menor en comparación con los tratamientos del uno al tres.

El agua de los cuatro tratamientos presentó un pH cercano al neutro al inicio del cultivo, a partir del segundo mes se notó una clara tendencia alcalina, Milstein (1992), menciona que un intervalo adecuado para peces en cultivo es de 6.5 a 9.5 unidades, valores similares se han obtenido en otras investigaciones, Bravo (1992), reporta de 6.4 a 9 unidades, Quiroz (1996), registra de 8.6 a 8.8 unidades, fertilizando con abonos orgánicos e inorgánicos, Molina (1992) obtuvo de 6.9 a 8.5 unidades Stickney, *et al.* (1979), utilizaron fertilización orgánica y obtuvieron de 8.02 a 8.81 unidades. De acuerdo

con lo antes mencionado los valores de pH de los cuatro tratamientos no fueron un factor de riesgo para los organismos presentes en los cultivos. No se presentaron fluctuaciones significativas de este parámetro.

El oxígeno disuelto en el agua es de gran importancia, su presencia o ausencia marca diferencias en los sistemas de producción debido a que es fundamental para todo organismo aerobio que habita en un estanque, la concentración de este gas se incrementa cuando el aire tiene un contacto con la superficie del agua o ésta se renueva totalmente, principalmente lo producen y liberan organismos autótrofos. Los consumidores como el zooplancton, la actividad metabólica de las bacterias y la descomposición de materia orgánica que se emplea como abono requiere de oxígeno, pero principalmente es de gran importancia para la respiración de los peces (Quiroz, 1996).

Por este proceso de producción-consumo en lapsos de tiempo durante el ciclo circadiano hay grandes cantidades de oxígeno y en algunas horas se agota por la respiración de organismos aerobios, éstas fluctuaciones deben de evitarse porque si se presentan concentraciones de 0 mg/l o arriba de 11 mg/l es perjudicial para los peces y pueden presentarse mortandades masivas (Arredondo, 1993).

En esta experiencia, en el tratamiento uno y dos, las cantidades valoradas aumentaron de menor a mayor, con variaciones amplias en relación al tiempo. En el tres las concentraciones fueron menores que en los tratamientos anteriores, no obstante que se utilizó bioabono líquido el cual no demanda demasiado oxígeno en el sistema (Quiroz, 1996).

En el cuatro se registraron en cantidades moderadas y sin variaciones significativas, posiblemente por el tipo de estiércol utilizado en el sistema Milstein (1992) y Molina (1992) consideran que el rango adecuado para la sobrevivencia de los peces es de 1.5 a 5 mg/l, considerando estos valores, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua fueron acepta-

bles, sin descartar que en enero y febrero se presentaron niveles de sobresaturación que pudieron ser perjudiciales para los peces, este fenómeno se presentó probablemente por un crecimiento fitoplanctónico que inicia a finales del mes de diciembre y llega a su máximo en el mes de enero decreciendo a mediados de febrero, por consiguiente la producción de oxígeno se incrementa en este período; o por el aglomeramiento de algas fitoplanctónicas en la superficie de la columna de agua por el efecto de capitación de luz y la disminución de estas conforme aumenta la profundidad.

También por la transferencia de el oxígeno producido en el sistema a la atmósfera es muy lenta debido a la mínima superficie del espejo de agua del estanque, por lo tanto a las 4:00 de la tarde hora en que se determinó este parámetro ya existe una sobresaturación de oxígeno en la capa superficial de la columna de agua que disminuye en concentración a mayor profundidad hasta llegar a la interfase sedimento agua.

El efecto de sobresaturación de oxígeno, no causó mortandad en la población de peces posiblemente por que estos pudieron permanecer en alguna parte de la columna de agua con una concentración de oxígeno mas adecuada. (Holopainen, *et al.*, 1992).

El bióxido de carbono es un gas producto de la respiración animal, que si se presenta abundantemente o por periodos prolongados de tiempo, es letal para los organismos que habitan en un ecosistema acuático, según (Boyd, 1979) los peces dulceacuícolas sólo pueden sobrevivir algunos días en aguas que contengan hasta 60 mg/l, únicamente en el tratamiento tres se presentó por un periodo breve de tiempo una concentración mayor a la antes mencionada durante el mes de diciembre, en general las cantidades de CO₂ de todos los tratamientos no representaron un problema para el cultivo.

En los cuatro tratamientos se presentó un decremento en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, éste inició en el mes de noviembre y tiene su punto crítico en diciembre, es posible

que se haya presentado por la disminución de la cantidad de luz durante el día y aumentó en horas de obscuridad en la noche, debido al período invernal, en consecuencia el bióxido de carbono se incrementó en el mes de noviembre y alcanzó sus valores mayores en el mes de diciembre en todos los tratamientos.

La concentración de iones divalentes en el agua como bicarbonatos, carbonatos y otros aniones ácidos expresados como mg/l de equivalentes de carbonato de calcio representa a la dureza total, los valores que se registraron durante todo el cultivo fueron moderados, este parámetro se relaciona con la alcalinidad total del agua debido a que cationes y aniones se derivan de carbonatos minerales (Wetzel, 1975; Boyd, y Lichtkoppler, 1979) consideran que las aguas que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total son duras y según (Brown-Gratzek, 1980) éstas son más productivas, de acuerdo con los criterios anteriores, se considera que las aguas de los cultivos de este trabajo aumentaron su productividad a partir del segundo mes y se clasificaron como duras.

Se cuantificó el nitrógeno presente en forma de nitratos en el agua de los cuatro tratamientos, como un indicador para estimar si se generó un aumento directamente proporcional al tiempo de fertilización y conocer en cual tratamiento hubo mayor concentración de este compuesto. En los tratamientos uno y dos, se presentó un incremento significativo, esto se debió a la cantidad de nitrógeno estimada en el estiércol, y posiblemente porque al crecer los pollos utilizados en estos tratamientos requieren de menor cantidad de proteína cruda y por lo tanto se deshecha por medio del estiércol. En el tratamiento cuatro también se notó un aumento de este compuesto, generado probablemente por la escasa presencia de productores primarios contrario a lo que sucedió en el tres, en donde debido a la demanda de nutrientes que requirieron las poblaciones de organismos autótrofos presentes, se reguló la cantidad de nitratos durante el tiempo del cultivo.

La estimulación que generan los bioabonos sobre la productividad del fitoplancton es rápida y eficiente, ya que acelera el crecimiento y reproducción de las células vegetales, contribuyendo al incremento de las abundancias totales, las cuales en este trabajo fueron relativamente bajas si las comparamos con los 630,731 org/ml que reporta Molina (1992), los 569,974 y 304,605 org/ml de Quiroz (1996), en estanques rústicos con fertilización orgánica, o los 19,761 org/ml que obtuvo Bravo (1992), fertilizando con gallinaza. Rappaport, *et al.* (1977), menciona haber obtenido abundancias inferiores a las del presente trabajo con valores de 16,300 org/ml utilizando como abono pollinaza fresca.

Es necesario tener en cuenta que el uso desmedido o incontrolado de bioabonos produce efectos adversos en el desarrollo del fitoplancton si se llega a la saturación de nutrientes en el agua puede suceder que el crecimiento de las poblaciones de microalgas llegue a su máximo en relación al espacio disponible en el estanque, presentándose el fenómeno de autosombra (Chorus and Schlag, 1993), este problema se acentúa en estanques como los que se usaron para este trabajo debido a que hay poca remoción de agua y escasa área de superficie para contactar aire.

El número presente de organismos totales zooplanctónicos de los cultivos de este trabajo no fueron mayores a los que reporta Bravo (1992), que obtuvo de 18956 a 142 org/ml en una experiencia similar a la presente, Quiroz (1996), en un policultivo en estanques rústicos menciona 2143 a 2194 org/ml y Canfield y Jones (1996) obtuvieron 70000 org/ml. Es posible que las abundancias totales en este trabajo no hayan sido elevados por los siguientes factores: 1.- La alta densidad de siembra de los peces consumidores por unidad de área, 2.- El reducido espacio por las dimensiones del estanque, y 3.- Las altas concentraciones de bióxido de carbono y la ausencia temporal de oxígeno.

Los organismos zooplanctónicos presentes en los cultivos coinciden con los registros que men-

cionan Wetzel (1975) y Quiroz (1996), reconociendo principalmente 3 grupos: Cladóceros, Rotíferos y Copépodos en aguas dulces productivas, Fernando (1994), refiere que los Copépodos representan en los ambientes lacustres más del 35 % del total de biomasa del zooplancton y dicha proporción disminuye en aguas eutróficas en donde el desarrollo de Cladóceros es mayor, lo cual se pudo comprobar en este trabajo, ya que éstos se presentaron como dominantes en los 4 tratamientos, pero siempre estuvieron presentes los Rotíferos y los Copépodos con diversas especies, Brummet (1996) menciona que los géneros *Brachionus*, *Cyclops* y *Moina*, son habitantes permanentes en estanques de producción, lo cual coincidió con los resultados de este trabajo.

Barkoh (1996), menciona que algunas de las condiciones del medio acuático influyen directamente en el desarrollo y distribución del zooplancton, como la temperatura, el oxígeno disuelto y la transparencia, en esta experiencia en lo que respecta a la relación entre la abundancia zooplantónica y la temperatura no se presentaron semejanzas en los tratamientos del uno al tres, ya que entre 17 y 18°C aumentó la cantidad de organismos del género *Moina* y se observó que cuando se incrementó la temperatura la abundancia disminuyó. En el caso del cuatro se observó una relación análoga entre la riqueza de especies, la abundancia y la temperatura.

Los cultivos realizados fueron muy dinámicos, debido al tipo de fertilizantes y la frecuencia con que se utilizaron, considerando también el período de cultivo, los rendimientos que se obtuvieron si presentaron diferencias significativas entre ellos, la variación entre el valor más alto y el más bajo equivale a 5 veces el valor más bajo, los cultivos más productivos fueron los del tratamiento tres superando los 35 gr/m²/6 meses que reporta (Murty *et al.* (1978). El rendimiento más bajo se presentó en el cuatro.

Probablemente la diferencia en el crecimiento de los peces se debió al tipo de estiércol utiliza-

do, en este caso los cultivos más productivos fueron fertilizados con estiércol de pollo y gallina, caracterizado por ser muy eficiente en comparación con la vacaza que por presentar grandes cantidades de fibra su proceso de desdoblamiento es más lento observándose esto claramente en el tratamiento testigo.

La densidad de siembra utilizada fue de 2 org/m² mayor si la comparamos con 1.7 org/m² de Quiroz (1990), 1.5 org/m² de Arredondo (1987), ó 0.5 a 1 org/m² de De Oliveira, *et al.* (1984), y esto se reflejó en los resultados; Quiroz (1990), obtuvo de 0.25 a 0.31 gr/día, coincidiendo el último valor con el máximo que se presentó en los cultivos de este trabajo, el cual fue menor que el reportado por Milstein, *et al.* (1991), con 1.29 gr/día.

La representación gráfica de la dispersión en relación al crecimiento de los peces ocurrida durante el ciclo de cultivo de los tratamientos fue similar, especialmente los primeros días de cultivo, notándose variación a los 150 días, probablemente por la competencia intra e interespecífica por alimento, considerando que en un cultivo siempre hay organismos dominantes, en el tratamiento cuatro, el crecimiento de los organismos fue más homogéneo, presentándose una dispersión marcada al final del período de cultivo.

Considerando los valores de la pendiente y los coeficientes de correlación se considera que el crecimiento de los peces de los cuatro tratamientos fue isométrico porque existió una relación directa entre el aumento de peso y de talla (Ricker, 1973 y 1975).

Según Holt (1994), las bacterias tienen un papel muy importante, ya que éstas estimulan el crecimiento algal, o pueden generar mortandades de las mismas al afectar las concentraciones de oxígeno y bióxido de carbono y son los principales organismos degradadores de materia orgánica presente en el medio a través de los ciclos de C, N, S y P, para lograr separar elementos nutritivos asimilables por organismos autótrofos.

En los sistemas acuáticos naturales se encuentran poblaciones de bacterias autóctonas, que incluyen una amplia variedad de familias y géneros, en algunas ocasiones esta flora nativa se ve aumentada al sumarse nuevos grupos que provienen del suelo, aire, excretas humanas y animales de sangre caliente que generalmente son enterobacterias, estos organismos se encontraron en los cultivos de este trabajo, son patógenos y causan daño al ser humano si son inoculados en el tracto digestivo. Tanto el agua como los peces pudieron ser vectores de estas bacterias, el riesgo de contagio se presenta cuando el producto cultivado no es procesado adecuadamente debido a que estas se alojan en tejidos en donde es difícil que sean destruidas, también existe riesgo al realizar el manejo de rutina de los estanques, por ejemplo el redeo, la extracción de hidrofitas o la limpieza en general.

En esta experiencia se observó que la utilización del biodigestor no tuvo efectos bactericidas en el estiércol, ya que se presentaron diversas bacterias en diferentes momentos durante el proceso de digestión, la elevada temperatura y la carencia de oxígeno posiblemente eliminaron a bacterias poco resistentes al medio, pero las facultativas siempre estuvieron presentes.

Después de contemplar las condiciones de cada nivel trófico y factores que influyen en su desarrollo, se plantea la caracterización de cada tratamiento en general:

- * En el tratamiento uno, se presentaron los valores más altos de abundancia de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos, notándose pequeñas variaciones en la cantidad de éstos al disminuir la temperatura del agua no obstante el rendimiento piscícola ocupó el segundo lugar, el peso promedio de los individuos de este tratamiento no fue mayor que el de los tratamientos dos y tres, se observó estabilidad durante todo el tiempo de cultivo.
- * En el tratamiento dos, la abundancia fue menor que en el tratamiento anterior, pero mayor que en el tres, por períodos se presentó

irregularidad en la cantidad de éstos organismos notándose coloraciones pardas en el agua de este cultivo, al respecto de el zooplancton y la producción piscícola ocuparon el tercer lugar. El peso promedio de los peces fue mayor que en el dos y cuatro.

- * En el tratamiento tres, la abundancia fitoplanctónica fue pobre, la menor de todos los tratamientos, la cantidad de organismos zooplanctónicos fue mayor que en los tratamientos dos y cuatro, la producción piscícola que se presentó fue superior a todas y el promedio de peso por individuo fue significativamente mayor.
- * En el tratamiento cuatro, la abundancia de fitoplancton fue mayor a la del tratamiento anterior, el zooplancton fue escaso y esto posiblemente afectó el rendimiento piscícola, fue extremadamente pobre y el menor de todos los tratamientos.

CONCLUSIONES

El agua de todos los cultivos presentó condiciones fisicoquímicas variables que pudieron afectar a los organismos presentes, se notaron cambios de algunos parámetros como oxígeno, bióxido de carbono y temperatura debido a la cantidad y calidad de los estiércoles utilizados.

El alimento natural constituido por fitoplancton y zooplancton estuvo presente con variaciones en las densidades en los diferentes tratamientos, los organismos más abundantes fueron Cladóceros y Chlorophyceas durante el cultivo. Las poblaciones bacterianas fueron incontables *Escherichia* y *Proteus* fueron los géneros dominantes en el estiércol, agua, sedimento y tejido de pez.

En el tratamiento con pollos alimentados con "purina" se encontraron las más altas densidades de fitoplancton y zooplancton, pero la producción piscícola sólo fue mayor que el de vacaz. En el de pollos alimentados con dieta mixta, las densidades planctónicas fueron meno-

res, pero el rendimiento piscícola superó al tratamiento anterior. En el de gallinaza digerida se observó la mayor densidad de organismos zooplanctónicos y la menor en fitoplanctónicos, en este tratamiento se presentó el mayor rendimiento piscícola. En el de vacaza las densidades del zooplancton y del fitoplancton fueron las menores, al igual que la pobre producción piscícola siendo esta la menor de todas.

Los rendimientos anteriores se lograron por el incremento en peso de cada uno de los peces en los cultivos, y esto tiene relación con la eficiencia del estiércol. La gallinaza digerida que se utilizó en el tratamiento tres resultó altamente eficiente considerando que no alteró la calidad del agua de los estanques, ni contribuyó a la formación de sedimentos, pero sí logró aportar en calidad y en cantidad los nutrientes que alimentaron a las poblaciones fitoplanctónicas que fueron consumidas por los peces.

La pollinaza cruda producida a partir de alimento balanceado comercial en el tratamiento uno, presentó una eficiencia aceptable, y la calidad del agua fue buena, a diferencia de las excretas que se generaron con la dieta mixta a base de granos en el tratamiento dos, las cuales contribuyeron a la formación de sedimento con exceso de materia orgánica en descomposición, olores desagradables y una mala calidad de agua con coloraciones oscuras o pardas.

La vacaza utilizada en el tratamiento cuatro, mostró poca eficiencia puesto que las poblaciones fitoplanctónicas de este tratamiento fueron bajas, el rendimiento piscícola muy bajo, la calidad del agua deficiente, por periodos incolora y con la formación de sedimento rico en fibra. Por lo tanto se requiere utilizar mayor cantidad de estiércol o procesarlo en biodigestor antes de emplearlo.

El uso de estiércoles con fines de fertilización produce excelentes resultados como proveedor de nutrientes para el agua y sedimento en los cultivos, aunque puede provocar problemas de contaminación bacteriana, por lo que debe controlarse adecuadamente su inclusión y la preparación del producto resultante (peces de consumo).

RECOMENDACIONES

En base a la experiencia adquirida en esta investigación se recomienda que :

En sistemas de producción pollo-pescado se alimente a los pollos con alimento balanceado comercial, si se ofrece alimento en base a granos como trigo o arroz, estos deberán estar finamente picados y suministrarse a los pollos en comederos amplios para evitar la caída de los granos al agua.

Los análisis para la determinación del oxígeno disuelto y bióxido de carbono se deberán realizar tanto en la superficie como en el fondo de la columna de agua del estanque durante el tiempo que dure el cultivo.

Utilizar adecuadamente los estiércoles para fertilizar el agua de los estanques.

Aplicar controles bacteriológicos al agua de los cultivos.

Preparar los peces cultivados para consumo humano a altas temperaturas.

REFERENCIAS

- American Public Health Association., 1992. *Standard methods for the examinations of water and wastewater*. American Water Work Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D.C. 874 p.
- Arredondo, F. J. L., 1987. *Policultivo experimental de ciprinidos asiáticos en México*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México. 125 pp.
- Arredondo, F. J. L. 1993. *Fertilización y fertilizantes: Su uso y manejo en la Acuicultura*. UAM-Iztapalapa. 202 pp.
- Almazan, G. and Boyd, C., 1978. An evaluation of secchi disk visibility for estimating plankton density in fish ponds. *Hidrobiología*, 65: 601-608.

- Barkoh, A. 1996. Effects of three fertilization treatments on water quality, zooplankton and striped bass fingerling production in plastic-lined ponds. *The progressive fish-culturist*. 58:237-247.
- Barash, H. and Schroeder, G. L., 1984. Use of fermented cow manure as a feed substrate for fish polyculture in stagnant water ponds. *Aquaculture*, 36: 127-140.
- Boyd, C. E., 1979. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn, Alabama. 359p.
- Boyd, C. E. and Lichtkopfer, F., 1979. Water quality management in ponds fish culture. International Center for Aquaculture Agriculture Experiment Station. *Research and Development Series*, No. 22, 30p.
- Bravo, S. E., 1992. *Análisis de los organismos planctónicos presentes en estanques experimentales con fertilización orgánica e inorgánica en Cuernavaca, Mor.* Informe de servicio social. División Ciencias Biológicas y de la Salud, unidad Xochimilco. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D. F. 45 pp.
- Brown-Gratzek, 1980. *Fish farming handbook food, bait tropicals and goldfish*. AVI Publ. Company Inc. Westport. 389 pp.
- Brummet, R. E. and Mattson, N. 1996. Zooplankton population periodicity in a tropical pond. *The ICLARM. NAGA* 19(1):27-28 pp.
- Canfield, T. J. and Jones, J. R. 1996. Zooplankton, abundance biomass and size distribution in selected midwestern waterbodies and relation with trophic state. *Journal of Freshwater Ecology*. 11(2):171-181.
- Chen, L. C. 1990. *Aquaculture in Taiwan. Fishing News Books*. A division of Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Chorus, I. and Schlag, G. 1993. Importance of intermediate disturbances for the species composition and diversity of phytoplankton in two very different Berlin lakes. *Hydrobiologia*. 249:67-92.
- De Oliveira, E. Silva, S. L. y Coelho, J. B., 1984. Cultivo de peces en ambientes fertilizados con efluente de biodigestor *Anales del Symposium Brasil Aquicola*. PP. 165-185. San Carlos, S. Paulo, Brasil. 20p.
- Fernando, C. H. 1994. Zooplankton, fish and fisheries in tropical freshwaters. *Hydrobiologia*. 272:105-124.
- García, E., 1973. *Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen*. Instituto de Geografía, UNAM. 2a De. 246p
- Holopainen. I. J., Tonn, W.M. and Paszkowski, C.A. 1992. Effects of fish density on planktonic communities and water quality in a manipulated forest pond. *Hydrobiologia*. 243/244: 311-321.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H., Stanley, J. T., Williams, S.T. 1994. *Berge's manual of Determinative Bacteriology*. Williams & Wilkins, USA.
- Milstein, A. 1992. Ecological aspects of fish species interactions in polyculture ponds. *Hydrobiologia* 231:177-186.
- Milstein, A. Alkon, A., Avnimelech, y., Kochba, M., Hulata, G. and Schroeder, G., 1991. Effects of manuring rate on ecology and fish performance in polyculture ponds. *Aquaculture*, 96: 119-138.
- Molina, A. F. I., 1992. *Evaluación de las tasas de productividad primaria desarrolladas en tres estanques rústicos de producción con policultivo, sostenidos bajo fertilización orgánica. Realizado en la Unidad Piscícola "El Jicarero", Jojutla, Mor. México.* Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Biológicas de la Univ. Aut. del Edo. de Mor. 50 pp.
- Murty, D. D., Dey, R. K. and Reddy, P. U., 1978. Experiments on rearing exotic carp fingerlings in composite fish culture in India. *Aquaculture*, 13: 331-337.
- Quiroz, C. H., 1990. *Fertilización intensiva en estanques rústicos de producción ejidal con policultivo piscícola, como estrategia de in-*

tegración de procesos agropecuarios en la Acuicultura, en el Estado de Morelos, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 85 pp.

Quiroz, C. H., 1996. *Dinámica ecológica y producción en sistemas de policultivo piscícola en estanques rústicos con fertilización orgánica, inorgánica y combinada en el Estado de Morelos.* México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM.

Rappaport, U., Sarig, S. And Bejarano, Y. 1977. Observations on the use of organic fertilizers in intensive fish farming at the Ginosar Station in 1976. *Badmigh.* 29:57-70.

Ricker, W. E., 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada.* 30: 409-434.

Ricker, W.E., 1975. Computation of interpretation of biological. statistics of fish, population. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada.* 191:382 p.

Steel, G.D.R. y Torrie, H.J., 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos.* 2ª. Edición. McGraw-Hill. 622 pp.

Stickney, R. R., Hesby, H. J., Mc Geachin and Isbell, W. A., 1979. Growth of *Tilapia nilotica* in ponds with differing stories of organic fertilization. *Aquaculture,* 17: 189-194.

Teshima, S., Ojeda, G. y Canazawa, A., 1978. *Nutrition requeriments of tilapia: utilization of dietary protein by Tilapia zilli.* Fac. fish kagoshima university, volumen. 27, No. 1: 49-57.

Tuckey, J. W., 1977. *Exploratory data analysis.* Addison-Wesley Publishers, Co. 688p.

Weatherley, A. H., 1972. *Growth and ecology of fish populations.* Academic press, London. 293p.

Wetzel, R.G., 1975. *Lymnology.* W.B. Saunders Co., London. 743 pp.

Wetzel, R. G. and Likens, E. G., 1979. *Limnological analysis.* W. B. Saunders Co. London. 356 pp.

