

Abundancia y diversidad del fitoplancton en estanques con policultivo de peces, utilizando fertilizantes orgánicos, inorgánicos y combinados.

Héctor Quiroz-Castelán *
F. Isela Molina-Astudillo *
A.A. Ortega-Salas **

Resumen

Con el fin de caracterizar algunos aspectos de las variaciones de fitoplancton en sistemas de policultivo fertilizados, se analizó su abundancia y composición en estanques de cultivo de peces, con tres tratamientos de fertilización: orgánica, inorgánica y mixta. El número total de organismos fitoplanctónicos analizada varió de 107,834 a 307,777 org/ml; los datos más altos se presentaron en otoño, correspondiendo al efecto de la fertilización inicial, a excepción del primer estanque. Las clorofitas fueron las más representativas en un intervalo de 55.8% a 86.5%. Se identificaron 178 especies. Las cromofitas mostraron la mayor riqueza de especies en los estanques. Con base a la abundancia total de organismos fitoplanctónicos y su composición, se consideró a estos sistemas como eutróficos, con mínimas diferencias significativas, entre los tipos de fertilizantes utilizados. Se presentaron cambios de los géneros más abundantes, entre los estanques con los mismos tratamientos, y algunas coincidencias en estanques con diferente fertilizante. Las especies fitoplanctónicas que se presentaron con más frecuencia fueron diferentes entre los tres tratamientos. Por lo anterior se consideró que la recirculación de nutrientes y la producción de peces en la dinámica propia de cada estanque influyeron más, que el tipo de fertilizante en la composición fitoplanctónica.

Abstract

Freshwater phytoplankton abundance and composition in fishponds were studied in order to assess the processes involved in polyculture system fertilization, under three treatments of fertilizers: organic, inorganic and mixed. The total abundance of phytoplanktonic organisms varied from 107,834 to 307,777 org/ml; the highest data were recorded in autumn, corresponding to the effect of the initial fertilization, to exception of the first pond. The Chlorophyta was the most representative with 55.8% to 86.5%. 178 species were identified. The Chromophyta showed the biggest diversity in the ponds. Based on the total number of phytoplanktonic organisms and their composition, it was considered to these systems like eutróficos and of high primary productivity, without significant differences, among the types of used payments. Changes of the most abundant goods were presented, among the ponds with the same treatments, and some coincidences in ponds with different fertilizer. The phytoplanktonic species that were presented with more frequency was different among the three treatments. For the above-mentioned it was considered that the recirculation of nutrients and the production of fish in the dynamics characteristic of each pond influenced more that the fertilizer type in the phytoplanktonic composition.

Introducción

El primer eslabón en las cadenas tróficas de aguas continentales son los organismos fitoplanctónicos y son un indicador de su nivel productivo. Dentro de estos ambientes, los estanques piscícolas que presentan una alta abundancia se caracterizan como sistemas eutróficos y de elevada productividad primaria, y que favorecen el

crecimiento de peces presentes en un policultivo piscícola, particularmente los filtradores. En estanques fertilizados, el incremento fitoplanctónico es provocado por su intensidad y tipo, ya que su productividad se incrementa con un manejo cuidadoso, con una continua y controlada adición de fertilizantes inorgánicos químicos y abonos orgánicos para la producción de organismos autótrofos. (Hepher y Pruginin, 1981).

Así mismo se considera que la comunidad de la fitocenosis no cambia y sólo se presentan cam-

* Laboratorio de Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

** Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México

bios en la abundancia que dependen de la naturaleza del tipo de fertilizante aplicado, ya que las bases químicas y biológicas de las vías que incluyen el abastecimiento y ciclo del C, N y P en estanques son fundamentales, para un mejor entendimiento de los ciclos de nutrientes y el efecto de los fertilizantes.

Por otro lado, se han realizado diversos trabajos de investigación respecto al desarrollo del fitoplancton, se han descrito algunos efectos de diferentes tipos de fertilizantes en estanques en cuanto a su composición, crecimiento, relaciones entre grupos y su dinámica en variaciones diarias y mensuales, indicando que estas dependen de diversos factores, como la depredación, la incidencia de luz y el tipo de nutrientes (O'Brien y De Noyelles, 1974; Schroeder 1975 y 1978; Almazán y Boyd, 1978; Wilkins y Piedrahita, 1988; Maostaka y Nikolaidis, 1992; Vadas, 1992).

Es importante el conocimiento de la diversidad, abundancia, otras características del fitoplancton y la función que realiza en las cadenas tróficas de sistemas de policultivo. En México, los trabajos sobre este temas son escasos y aislados, por lo que se llevó a cabo este trabajo con el fin de estimar algunos efectos en su abundancia y composición de tres tratamientos de fertilizantes: orgánico, inorgánico y mixto, en estanques de policultivo de peces,

Material y métodos

El presente trabajo se realizó de septiembre de 1991 a marzo de 1992. La infraestructura empleada se localizó en la unidad piscícola "Las Fuen-

tes», en el Municipio de Jiutepec, Morelos, México. Entre los 18°52'38" L.N. y los 99°09'56" L.O. Se utilizaron 5 estanques rústicos de aproximadamente 1,000 m², con una profundidad promedio de 1 m, sin recambios totales de agua. Se realizó el vaciado, secado, limpieza, encalado (Boyd, 1979) y fertilización de los estanques (tabla 1), de acuerdo con Moav, *et al.* (1977); Tacon (1988); y Quiroz, (1990) para el policultivo de carpas y tilapia, con las mismas especies y densidades (*Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio*, *Aristichthys nobilis*, *Ctenopharyngodon idella* and *Mylopharyngodon piceus*). Durante el periodo de cultivo se registraron parámetros físicos y químicos, que presentaron intervalos adecuados para la acuicultura

El fitoplancton se colectó quincenalmente, en la superficie de la parte media de cada estanque, utilizando una botella Van-Dorn de 3 l. Las muestras se fijaron con acetato-lugol (Wetzel y Likens, 1979). Para su análisis en el laboratorio, cada una, se homogenizó; se colocaron 10 ml en una cámara de sedimentación del mismo volumen (Wetzel y Likens, 1979) durante 24 horas (Schwoerbel, 1975) y se procedió a su conteo por bandas e identificación utilizando la técnica recomendada por Uthermöhl (1958), con un microscopio de objetivos invertidos Wild M-40. Los resultados de abundancia se expresaron en número de células por unidad de volumen, la identificación se realizó utilizando claves y trabajos especializados (Edmonson, 1959; Bourrelly, 1970; Bold y Wynne, 1978; Trainor, 1978; Prescott, 1970; y Ortega, 1984).

El índice de diversidad se calculo con la frecuencia por las proporciones de las especies más comunes, equitativamente, y solo de manera se-

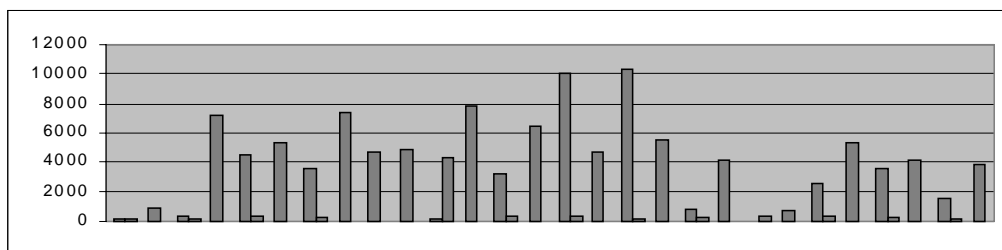
Estanque	Tipo de Fertilizante	Cantidad Inicial	Cantidad Periódica
E-1 y 2	(Combinado) con estiércol de vaca (EV), superfosfato triple (ST) y urea (U).	750 Kg/1000 m ² de EV, 4 Kg/1000 m ² de ST y 2 Kg/1000 m ² de U.	10 Kg de EV semanalmente y 2 Kg de ST y 1 Kg de U quincenalmente.
E-3	(Inorgánico) superfosfato triple (ST) y urea (U).	8 kg/1000 m ² de ST y 4 Kg/1000 m ² de U.	4 kg de ST y 2 kg de U quincenalmente.
E-4 y 5	(Orgánico) estiércol de vaca seco (EV).	1500 Kg/1000 m ² de EV.	20 kg de EV semanalmente en cada uno

TABLA 1. TIPOS Y DOSIS DE FERTILIZANTES UTILIZADAS DURANTE EL TRABAJO.

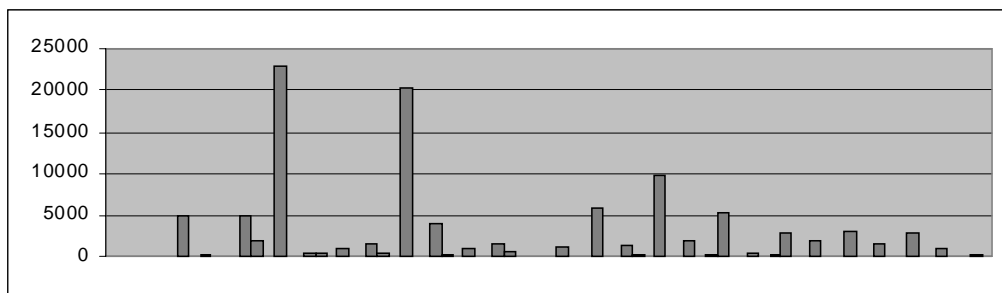
cundaria por el número de especies de acuerdo con las derivadas de la fórmula (Shannon y Weaver, 1963;). Se aplicaron estadísticos básicos y el análisis de varianza por tratamientos con bloques al azar, utilizando la técnica de datos faltantes(Steel y Torrie, 1988) con una probabilidad de 0.05.

Resultados

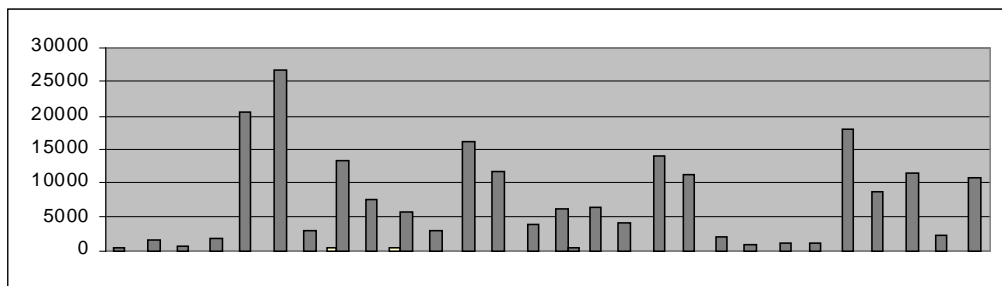
Los componentes del fitoplancton fueron: CHLOROPHYTAS, CYANOPHYTAS, CHROMOPHYTAS y EUGLENOPHYTAS, la más representativa en los cinco estanques fue la primera con un intervalo de 55.8% a 86.5% (Fig. 1).



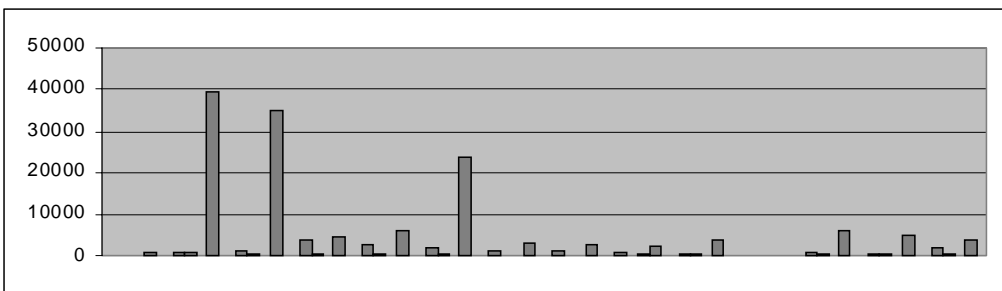
E-1



E-2



E-3



E-4

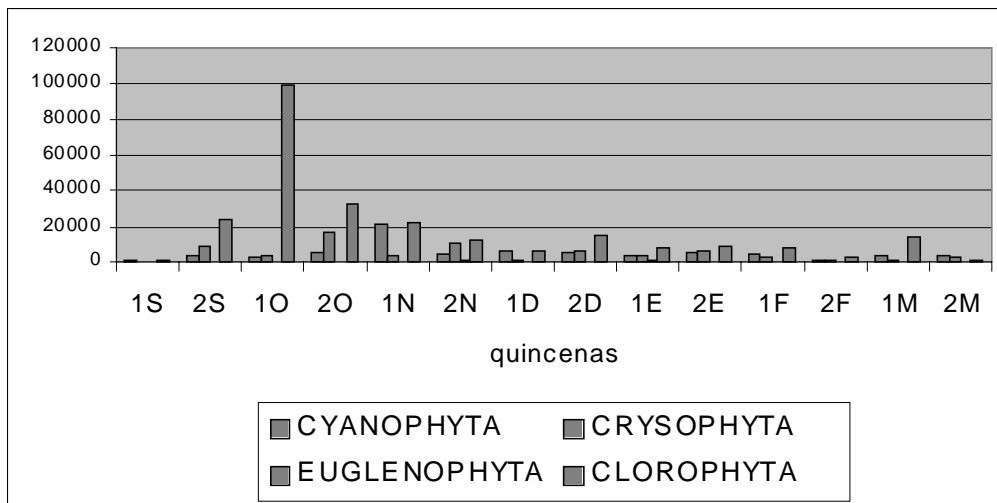


FIGURA 1.- VARIACIÓN DE LAS DIVISIONES COMPONENTES DEL FITOPLANCTON DEL E-1 AL E-5, DURANTE EL TIEMPO DE EXPERIMENTACIÓN.

Se identificaron un total de 178 organismos fitoplanctónicos (Tabla 2): 31 cianofitas, 79 cromofitas, 5 euglenofitas y 63 clorofitas. Se presentó una mayor dominancia en cuanto a la densidad, de las últimas con registros de 68,077 a 169,006 cel/ml para los cinco estanques.

Las especies dominantes en cada estanque fueron: En el E-1 *Scenedesmus quadricauda longispina*, en el E-2 *Schroederia setigera*, en el E-3 *Quadrigula lacustris*, en el E-4 *Scenedesmus dimorphus*, y en el E-5 *Ankistrodesmus falciformis*, todas ellas del grupo de las clorofitas. Las que registraron una ma-

yor abundancia en cada estanque de cada división fueron (Tabla 2) : En cuanto a las cianofitas, *Merismopedia tenuissima* en el E-1, *Anabaena spiroides* en los E-2, E-4 y E-5 y *Microcystis elachista* en el E-3. Para las crisofitas fueron en el orden del 1 al 5: *Cyclotella austriaca*, *Rhizosolenia sp.*, *Chrysospora fenestrata*, *Phacomonas lacustris* y *Nitzschia acicularis*. En las Euglenophyta, *Euglena acus* en todos excepto en el E-2 en la que fue *Strombonas gibberosa*. En las clorofitas, *Scenedesmus quadricauda longispina*, *Schoederia setigera*, *Trebouxia parmelliae*, *Scenedesmus dimorphus* y *Ankistrodesmus falciformis*.

ESPECIE	No. de ESTANQUE				
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5
CYANOPHYTA					
<i>A. spiroides</i>	98216	9577	616	5621	37010
<i>Eucapsis alpina</i>	206	165	493	149	1794
<i>Merismopedia elegans</i>	1462	2411	4945	3989	9371
<i>M. geminata</i>	1296	56	306	1149	1099
<i>M. tenuissima</i>	25963	5089	6615	1930	2137
<i>Microcystis elachista</i>	2125	6953	55903	652	3101
<i>M. elachista planctonica</i>	1472	1052	10825	2884	7968
<i>Symploca dubia</i>	2180	55	636	16	31

CHROMOPHYTA					
<i>Amphivhrysis compressa</i>	31	50	42	99	4358
<i>Caloneis amphisbaena</i>	84	8	13	78	1652
<i>Chrysospora fenestrata</i>	56	77	226	45	1052
<i>Cyclotella austriaca</i>	4104	66	28	102	28
<i>C. meneghiniana</i>	105	89	16	67	1168
<i>Cymatopleura solea regula</i>	117	64	34	55	2958
<i>Fragilaria virescens</i>	24	8	8	414	3209
<i>Gomphonema augur</i>	23	6	5	268	2308
<i>G. mulica</i>	342	536	50	383	6955
<i>Hantzschia amphioxys</i>	74	11	3	23	1733
<i>Navicula cryptocephala</i>	130	458	19	25	3355
<i>N. cuspidata</i>	6	30	3	39	3713
<i>Nitzschia acicularis</i>	139	66	17	36	1973
<i>N. dissipata</i>	108	481	20	149	1095
<i>Phacomonas lacustris</i>	129	958	31	777	2727
<i>Rhizosolenia sp.</i>	240	1096	6	215	1520
<i>Synedra galloni</i>	0	0	0	0	1510
<i>S. pulchella</i>	23	80	22	31	2986
<i>Tabellaria fenestrata</i>	67	127	31	239	1093
<i>Thalassiosira fluviatis</i>	10	34	50	105	7530
EUGLENOPHYTA					
<i>Euglena acus</i>	72	322	547	1071	2764
CHLOROPHYTA					
<i>Ankistrodesmus convolutus minotus</i>	53	22	19	102	5501
<i>A. falcatus</i>	399	12513	190	575	8676
<i>A. falciformis</i>	171	2715	11213	741	31404
<i>A. gelifactum</i>	1057	1134	6	67	11659
<i>Closteriospira lemanensis</i>	22	32	17	25	1716
<i>Coelastrum sphaericum</i>	33	1010	115	0	133
<i>Conococcus elongatus</i>	188	221	6726	2003	2358
<i>C. quadrata</i>	3	19	5	22	4647
<i>Desmodium sp.</i>	5	1502	0	10	295
<i>Monoraphydium griffithii</i>	61	655	33	163	4432

<i>Pediastrum boryanum</i>	159	2824	25	71	4622
<i>P. simplex radians</i>	0	0	2	586	1517
<i>P. tetras tetraedron</i>	113	1041	20	71	755
<i>Quadrigula lacustris</i>	0	27	132838	0	0
<i>Scenedesmus sp.</i>	151	4000	8602	983	7614
<i>S. acuminatus</i>	85	38	99	432	7338
<i>S. arcuatus</i>	0	0	0'	0	2228
<i>S. bijugatus</i>	5456	658	4115	26693	4057
<i>S. dimorphus</i>	9610	5054	11414	44814	1722
<i>S. falcatus</i>	58	1554	13013	11357	4506
<i>S. flexuosus</i>	1597	7881	8170	5569	8082
<i>S. quadricauda longispina</i>	27787	8592	24134	16143	24333
<i>Schroederia setigera</i>	19426	18473	12631	7037	22606
<i>Sphaeroszma filiforme</i>	2	0	0	16	0
<i>Staurastrum brevispina</i>	3	6	2	1848	0
<i>S. longiradiatum</i>	583	44	344	0	2848
<i>S. sebaldi ornatum</i>	0	3837	0	813	8
<i>Tetraedron minimum</i>	82	207	1876	4964	1198
<i>Tetrallantos lagerheimii</i>	49	5	2	2465	11
<i>Trebouxia parmeliae</i>	30	93	27517	740	115
<i>Zygnema sp.</i>	264	754	1479	5307	942

Los datos globales de abundancias fitoplanctónicas se registraron entre 107,834 y 307,777 cels/ml., durante el periodo de experimentación en todos los estanques. La variación de los valores en cada estanque en el tiempo, se muestra en la figura 2. Los mayores incrementos se detectaron al inicio del cultivo, por fertilización inicial.

Las abundancias totales registradas en los cinco estanques durante el periodo de cultivo fueron las siguientes: 121,021; 107,834; 215,374; 160,690 y 307,777 cel/ml, respectivamente. El ANDEVA indicó que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$).

En cuanto a la diversidad en este trabajo se presentaron valores del índice de Shannon-Weaver de 1.4 a 4.5 bits en el E-1, en el E-2 de 2.43 a 5.76 bits, en el E-3 de 0.2 a 5.03, en el E-4 de 0.34 a 5.14 bits, y en el E-5 de 0.001 a 5.78 bits. con variaciones según éste, entre un medio oligotrófico y un eutrófico.

Discusión

Respecto a la composición por grupo del fitoplancton, la tendencia de la variación de las proporciones de cada división durante el periodo experimental fue similar en todos los estan-

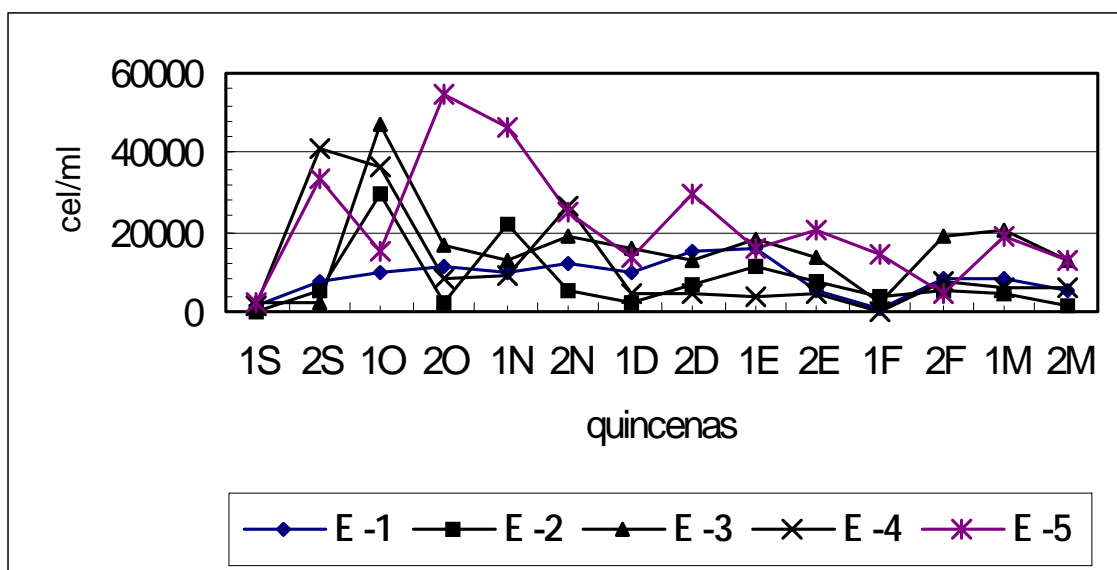


FIGURA 2.- ABUNDANCIA DEL FITOPLANCTON EN LOS CINCO ESTANQUES DURANTE EL PERIODO DE CULTIVO.

ques, en general se presentó dominancia de clorofitas, de acuerdo a esto y a sus características, se puede considerar a los estanques como sistemas aceptables para el cultivo de peces, de acuerdo a las condiciones consideradas como adecuadas para la dinámica de los sistemas acuáticos, ya que según los resultados, excepto en algunas quincenas las variaciones estacionales no afectaron significativamente la composición en cuanto a divisiones del fitoplancton.

Respecto a la composición por grupo del fitoplancton, la tendencia de la variación de las proporciones de cada división durante el periodo experimental fue similar en todos los estanques, en general se presentó dominancia de clorofitas, de acuerdo a esto y a sus características, se puede considerar a los estanques como sistemas aceptables para el cultivo de peces, de acuerdo a las condiciones consideradas como adecuadas para la dinámica de los sistemas acuáticos, ya que según los resultados, excepto en algunas quincenas las variaciones estacionales no afectaron significativamente la composición en cuanto a divisiones del fitoplancton.

Esto corresponde a lo mencionado por Arredondo (1987) que indica que la proporción más alta que encontró en los estanques con urea y fórmula compleja fue de 59% de clorofitas mientras que

en los fertilizantes con estiércoles de 44 y 41%. También Boyd (1973), al estudiar el fitoplancton de tres estanques fertilizados con fósforo, tres con nitrógeno y fósforo y tres controles, señaló que las cianofitas no se registraron en los estanques de control, en este caso las clorofitas y diatomeas fueron las más comunes; en los estanques fertilizados con fósforo no se presentó un predominio constante de las cianofitas, pero sí en los tratados con nitrógeno y fósforo lo cual es diferente a lo obtenido en este trabajo con el mismo tratamiento (46:17:17). Buck, *et al.* (1978) en estanques con policultivo fertilizados con estiércol de cerdo, reporta que las más abundantes fueron las clorofitas aunque en algunos meses las euglenofitas y las cianofitas, y en menor grado las crisofitas, lo cual corresponde a lo mencionado aquí con vacaza, excepto por la presencia de cianofitas.

Por otro lado coincidiendo con los dos grupos dominantes registrados en este estudio, Boyd (1979) en estanques utilizados para el cultivo intensivo fertilizados con inorgánico (NP_2O_5 y P_2O_5), indica que durante el verano los grupos dominantes en un 90% corresponden a las clorofitas y cianofitas, siguiendo en orden de importancia las crisofitas y diatomeas y al final las euglenofitas y pirrofitas, que son raras y poco frecuentes. Similar a lo reportado por Molina (1992) que obtiene porcentajes de 61.58% y 88.57% de cianofitas,

33.26 y 7.54 % de clorofitas y en otro estanque 64.8% de clorofitas y 32.28 de cianofitas, que es opuesto en los casos iniciales a este trabajo, aún cuando se utilizó en ambos casos estiércol de vaca, esto puede estar relacionado a las características particulares, sobre todo al tipo de suelo, cultivo y estación.

McIntire y Bond (1962) reportaron que en estanques de Oregon, EE.UU., las diatomeas fueron muy abundantes, esto puede relacionarse con lo mencionado por Arredondo (1987) que indica que en estanques con policultivo otro grupo dominante está constituido por las bacilariofitas, que son organismos indicadores de aguas fuertemente mineralizadas, por lo que son comunes en ambientes con elevadas concentraciones iónicas, en las que las altas cantidades de sodio y cloro determinan su presencia, sobre todo en especies indicadoras como es el caso de *Cyclotella meneghiniana*, como lo mencionan Tilman (1976) y Tilman y Kilham, (1977), lo cual no se observó en este caso.

La fertilización produce un aumento en la abundancia del fitoplancton, pero no tiene un efecto sobre la composición genérica resultante, tal como lo demostró Parsons *et al.* (1972), quienes después de fertilizar un lago concluyeron que no existe un cambio sustancial en la abundancia de las principales especies, ya que estas se mantienen uniformes y sólo se observó un aumento en la productividad y la presencia de algunas especies indicadoras de ambientes eutróficos, como es el caso de *Ceratium sp.*, *Peridinium sp.* y *Scenedesmus sp.*, de acuerdo con esto, en este trabajo la división cromofita mostró una mayor diversidad en los estanques, se presentaron cambios en cuanto a los géneros más abundantes, entre los fertilizados con los mismos tratamientos, y algunas coincidencias en estanques con diferentes materiales, las especies que se presentaron con más frecuencia fueron diferentes entre los tres tratamientos.

Respecto a lo reportado en otros trabajos, Molina (1992) indica que los géneros dominantes fueron, dentro de las chlorophytas: *Scenedesmus*, *Desmidiium*, *Planctonema*, *Monoraphidium* y *Pediastrum*, lo cual es similar a lo indicado en este

trabajo en algunos géneros como *Scenedesmus*. Respecto a las cyanophytas el género registrado *Merismopedia* fue semejante a lo obtenido en este caso, de la división cromofita el género coincidente es *Navicula sp.* y de la División euglenofita es similar el género más abundante. Los resultados también coinciden con lo mencionado por Arredondo (1987) que indica que las especies dominantes en cada tratamiento durante los siete meses del muestreo estuvieron representadas por varios géneros en los tres tratamientos: *Oscillatoria*, *Elakathotrix*, *Monoraphidium*, *Oocystis*, *Scenedesmus*, *Schroederia*, *Sphaerocystis*, *Cyclotella* y *Nitzschia* lo que es importante considerar en relación a los tipos diferentes de fertilizantes utilizados y a la ubicación de la estanquería.

En relación a lo obtenido en otras partes del mundo: Dimitrov (1987) con fertilización mineral y orgánica, reporta especies de 4 grupos principales del fitoplancton entre las cuales se encuentran: Cyanophyta (2 especies), Chlorophyta (10 especies, cuatro tienen formas coloniales: *Actinastrum hanzschii* Lagerh., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., y *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb.), Euglenophyta (2 especies: *Phacus sp.*, una forma colonial, y *Euglena sp.*), y Bacillariophyta (3 especies: *Cyclotella meneghiniana* Kutz, *Melosira sp.*, y *Navicula sp.*), de las cuales todas se reportan en el presente trabajo.

En el caso de Boyd (1973) la mayoría de los organismos que se presentaron fueron algas verde-azules; los individuos presentes con mayor abundancia de las clorofitas fueron: *Coelastrum microporum*, *Chlorella sp.*, *Dictyosphaerium sp.*, *Scenedesmus bijuga*, *S. quadricauda*. de las de verde-azules las dominantes fueron; *Oscillatoria sp.*, *Raphidiopsis curvata*, *Anacystis nidulans*, *A. aeruginosa*, y *Spirulina sp.* Los florecimientos más frecuentes fueron de las especies; *Oscillatoria sp.* y *Spirulina sp.* de 12 estanques, en seis dominaron las clorofitas y en 6 las cianofitas. De las cuales solamente algunos géneros de las clorofitas son semejantes como en el caso de *Scenedesmus*.

En experiencias en algunos países asiáticos Seenayya (1972), reporta una lista de especies fitoplanctónicas, dentro de las que considera con

gran abundancia están: *Chlamydomonas inserta*, *C. stellata*, *C. tetragamum*, *Chlorella vulgaris*, *Schroederia setigera* (Chlorophyceae), de las cuales esta última es la única coincidente en cuanto a las de mayor abundancia en este trabajo; *Nitzschia amphibia*, *N. palea* y *N. gracilis* (Bacillariophyceae), este género se reporta también actualmente; *Euglena acus*, *Lepocinclis caudata*, *L. ovum*, *L. texta*, *Phacus acuminatus*, *P. agilis*, *P. curvicauda*, *P. onyx*, *P. orbicularis*, *Trachelomonas hispida* y *T. volvocina* (Euglenineae), al respecto de estas se presentó principalmente la primera en esta experiencia; y *Chroococcus turgidus*, *Merismopedia minima* y *Microcystis aeruginosa* (Myxophyceae) de las cuales se mencionan en este trabajo también, *Merismopedia* y *Microcystis*.

Khan y Siddiqui (1971 a y b) mencionan al respecto del plancton en aguas continentales en un lago en la India que la especie más importante del fitoplancton fue *Microcystis aeruginosa* y reporta otras especies consideradas también importantes: *Spirulina major*, *Ocellularia limnetica*, *Scenedesmus dimorpha*, *S. obliquus*, *Ankistrodesmus falcatus*, *Spirogyra dubia*, *Oocystis novae-similis*, *Fragilaria capacuina*, *F. intermedia*, *Syndera ulna*, *Cyclotella operculata*, *Chlamydomonas globosa*, *Euglena sp.* y *Phacus sp.*, la mayoría de las cuales son reportadas en este trabajo. Lo anterior indica que los aspectos latitudinales y algunas características, no limitan la posibilidad de que algunas especies y sobre todo, géneros fitoplanctónicos se repitan continuamente.

Arredondo (1987) reporta que en su estudio los datos en los estanques mostraron diferencias claras entre cada bloque de tratamientos y distintas tendencias entre ellos, lo cual posiblemente signifique los cambios sucesivos de las diferentes especies que integran la fitocenosis, ligados al comportamiento estacional de la temperatura y a la disponibilidad de nutrientes, en este estudio no se presentaron grandes diferencias entre tratamiento y estanques, no se observó el efecto de un factor notablemente. Trifonova (1993) reporta en un lago de Rusia más de 30 especies y menciona cambios de 1.2 a 4.2 bits en el índice de Shannon-Weaver, lo cual es semejante a lo obtenido en este trabajo.

Los cambios en el índice de diversidad, reflejan algunos efectos que provocó; la fertilización, que incide en las propiedades intrínsecas a nivel de ecosistema. La predominancia de una u otra especie proporciona como resultado valores bajos de diversidad; se obtienen valores altos, cuando cada una de las especies representa una fracción moderada de la totalidad.

Se estima que es útil manejar el concepto de índice de diversidad en estanques fertilizados, ya que describe cómo están distribuidos los individuos entre las especies del fitoplancton. Valores altos señalan una mayor diversidad en la comunidad y en general ésta situación es favorable a un ecosistema, ya que son más estables, dado que las fluctuaciones en la abundancia de especies individuales tiene una menor influencia en el funcionamiento del ecosistema, que aquellos cambios de especies individuales en sistemas de baja diversidad. Este fenómeno parece simple porque una especie rara vez comprende un gran porcentaje de la comunidad total en un sistema con alta diversidad, sin embargo, un estanque sometido a una fertilización constante presenta baja diversidad (Boyd, 1973) lo cual no se presentó en este estudio, la mayor parte del período de cultivo se registraron valores altos.

Los criterios para considerar el nivel trófico de un ambiente dependen de los autores, respecto a las abundancias fitoplanctónicas, Margalef (1977) por ejemplo, menciona que en resumen se podrían aceptar estos límites: lagos oligotróficos 10^1 - 10^2 cel/ml, lagos eutróficos 10^2 - 10^4 cel/ml, aguas muy eutróficas y cultivos 10^4 - 10^6 cel/ml y cultivos en condiciones especiales 10^6 - 10^8 cel/ml, de acuerdo a esto los sistemas reportados en este trabajo pueden considerarse como eutróficos, considerando naturalmente, que se trata de estanques rústicos bajo fertilización intensiva con policultivo.

En la tabla 3, se puede observar, que las abundancias fitoplanctónicas registradas con los tres tratamientos para este trabajo son menores a los obtenidos por otros autores en México, en donde se reportan tres experiencias con policultivo (Arredondo, 1987; Molina, 1992; Quiroz, 1990) para las que solo en el tercer caso se utilizaron

Tipo de Fertilizante	Abundancias en cel/ml	Período	Autor
Cerdaza	64,556 y 84,101	3 meses	Buck et al. (1978)
Lagos no fertilizados Lagos fertilizados	82,700 cel/l 80,400 cel/l		Langford (1984)
Inorgánico, Borregaza, Cerdaza	304,620 461,148 500,000	6 meses	Arredondo (1987)
Inorgánico, Orgánico	9.2×10^9 cel/l 4.9×10^9		Dimitrov (1987)
Inorgánico, Vacaza	451,932 569,974 304,000	6 meses	Quiroz (1990)
Vacaza	524,102 630,731 629,000	10 meses	Molina (1992)
Combinado, Inorgánico, Vacaza	121,021 107,843 215,375 160,690 307,777	6 meses	Este trabajo

TABLA 3.- REGISTRO COMPARATIVO DE DENSIDADES TOTALES DE ORGANISMOS FITOPLANCTÓNICOS.

carpas fitoplanctófagas. Por otro lado son similares a los indicados por Buck, *et al.* (1978) y Dimitrov (1987) con condiciones parecidas en cuanto a especies y tipo de fertilizantes. Es notorio que en comparación con el lago fertilizado y no fertilizado todos los datos son mayores. Todo lo anterior está relacionado con el tipo de estrategias que se utilizan para llevar a cabo los cultivos, que en todos los casos fueron poliespecíficos, excepto en el lago, estas estrategias favorecen o no, el aprovechamiento de estos organismos por los peces en cultivo. Como puede observarse, el incremento del fitoplancton, no está relacionado directamente con el tipo de fertilizantes, en estos casos dependen del estado trófico y esquema de cultivo de cada sistema.

Como un aspecto relacionado con lo anterior se puede indicar que los organismos en policultivo; en el E-1 el incremento en peso de *O. niloticus* se relacionó con los aumentos y disminuciones del fitoplancton, ya que esta especie lo consumió preferentemente. En el E-2 y 3 no se registró un incremento en peso considerable cuando se pre-

sentaron las mayores densidades fitoplanctónicas. En el E-4 y 5 se presentaron decrementos del fito y aumentos de las "tilapias" de menos a más sobre todo al final del período de cultivo. La actividad de los peces fitoplanctófagos favorece el incremento del zooplancton, y fortalece el eslabon fito-zooplancton, porque consumen las formas grandes del primero, evitan la competencia y contribuyen al consumo de las formas pequeñas por el zooplancton.

Los datos más altos del número de cels/ml, se presentaron en todos los estanques en otoño. Esto correspondió al inicio del período de cultivo, es decir, al efecto de la fertilización inicial, a excepción del primer estanque en el cual se presentó el mayor incremento en invierno. Durante el tiempo de cultivo, se registraron variaciones diferentes en todos los estanques, por lo que se considera, que las condiciones de recirculación de nutrientes y predación, en la dinámica propia de cada estanque, son específicas, e influyeron más que el tipo de fertilizante. El florecimiento de los organismos fitoplanctónicos en los estanques

dependiendo de su estado y de las condiciones ambientales, muestra que la utilización adecuada de los fertilizantes, permiten obtener altas densidades periódicas para favorecer el crecimiento de los organismos en cultivo, y reforzar la dinámica del ecosistema.

Conclusiones

Según las abundancias totales de fitoplancton y por su composición pueden considerarse los sistemas reportados en este trabajo como eutróficos (Margalef, 1977), no habiendo diferencias entre los tipos de abonos utilizados con respecto a la abundancia, que se relaciona con el estado trófico y esquema de cultivo de cada sistema.

Las clorofitas dominaron en los cinco estanques. Las cromofitas registraron el mayor número de especies. Se presentaron cambios en cuanto los géneros más abundantes, entre los estanques con los mismos tratamientos, y algunas coincidencias en estanques con diferentes materiales, por lo que la fertilización produce un aumento en la abundancia del fitoplancton, pero no tiene un efecto sobre la composición genérica resultante; las variaciones estacionales no la afectaron en mayor grado, lo cual indica fundamentalmente que los aspectos latitudinales y algunas características no limitan la posibilidad de que algunas especies y sobre todo, géneros fitoplanctónicos se repitan continuamente.

Los índices de diversidad mostraron valores altos durante la mayor parte del período de cultivo que señalan una mayor diversidad en la comunidad, por lo que se consideran sistemas más estables. Se consideró a estos estanques como adecuados para el cultivo de peces fitófagos, en base a los resultados obtenidos en el rendimiento de éstos.

Bibliografía

- Almazán, G. y Boyd, C.E. 1978b. An evaluation of secchi disk visibility for estimating plankton density in fish ponds. *Hydrobiologia*, 65:601-608.
- Arredondo, F.J.L., 1987. *Policultivo experimental de ciprínidos asiáticos en México*. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México.
- Bold, H. y Wynne, M.J., 1978. *Introduction to the algae: structure and reproduction*. Pub. Prentice-Hall, Inc. USA. 706 P.
- Bourrelly, P., 1970. *Les algues d'eau douce initiation a la systematique*. T.I, II y III. Editions N. Bouvee y Cie. Paris.
- Boyd, C.E., 1973. Summer algal communities and primary productivity in fish ponds. *Hydrobiologia*, 41:357-390.
- _____, 1979. *Water quality in warmwater fish ponds*. Auburn, Alabama. 359 p.
- Buck, H.D. Baur, R.J. y Rose, R.C., 1978. Utilization of swine manure in a polyculture of Asian and North American Fishes. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 107(1):216-222.
- Dimitrov, M., 1987. Intensive polyculture of common carp, *Cyprinus carpio* L., silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Val) and black buffalo, *Ictiobus niger* (Raf.). *Aquaculture*, 65:119-125.
- Edmonson, W.T., 1959. *Fresh-Water Biology*. John Wiley, London.
- Hepher, B. y Pruginin, Y., 1981. *Comercial fish farming with special reference to fish culture in Israel*. John Wiley and Sons, New York. 261 p.
- Khan Asif A. y Siddiqui Qayyum., 1971a. Primary production in a tropical fish ponds at Aligarh, India. *Hydrobiologia*, 37 (3-4) 447-456.
- Khan Jamil A. y Siddiqui Qayyum., 1971b. Water, Nitrogen and phosphorus in freshwater plankton. *Hydrobiologia* 37: 531-536.
- Margalef, R., 1977. *Ecología. Cátedra ecología. Universidad de Barcelona*, Omega, S.A. Barcelona, España. 951 p.
- McIntre, C. D. y Bond, C. E., 1962. Effects of artificial fertilization on plankton and benthos abundance in four experimental ponds. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 91:303-312.
- Moav, R., Wohlfarth, G., Schroeder, G.L., Hulata, G. y Barash, H., 1977. Intensive polyculture of fish in freshwater ponds. I Substitution of expensive feeds by liquid cow manure. *Aquaculture*, 10:25-43.
- 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.
- Moustaka-Gouni, M. y Nikolaidis, G. 1992. Phytoplankton and physical-chemical features of Tavropos reservoir Greece. *Hydrobiologia*. 228:141-149.
- O'Brien, W.J. y De Noyelles, F., 1974. Relationship between nutrient concentration phytoplankton density and zooplankton density in nutrient enriched experimental ponds. *Hydrobiologia*, Vol. 44:105-125.
- Ortega, M.M., 1984. *Catálogo de algas continentales recientes de México*, UNAM. México, D.F.
- Parsons, R.T., Stephens, K. y Takahashi, M., 1972. The fertilization of great central lake. I. Effects of primary production. *Fishery Bulletin*, 70(2):13-23.
- Prescott, G.W., 1970. *The water algae*. How Know. Fic. Key, Nature Series. 348 p.
- Quiroz, C.H., 1990. *Fertilización Intensiva en estanques rústicos de producción ejidal con policultivo piscícola; como estrategia de integración de procesos agropecuarios en la acuicultura, en el Estado de Morelos, México*. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias de la UNAM.
- Schroeder, G.L., 1975. Night time material balance for oxygen in fish ponds receiving organic wastes. *Bamidgeh*, 27:65-74.
- Schwoerbel, J., 1975. *Métodos de Hidrobiología*. H. Blume, Madrid. 262p.
- Seenayya G., 1972. Ecological Studies in the plankton of certain Freshwater ponds of Hyderabad-India II. Phytoplankton -2. *Hydrobiologia*, 39 (2) : 247-271.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.
- Steel, G. D. R. y Torrie, H. T., 1988. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. 2ª. Edición. McGraw Hill.
- Tacon, J.A., 1988. *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp a training manual 3. Feeding methods*. FAO-ONU, Brasilia, Brazil.
- Tilman, D. y Kilham, S. S. 1976. Phosphate and Silicate Growth and Uptake Kinetics of the Diatoms *Asterionella formosa* and *Cyclotella meneghiniana* in Batch and Semi-Continuous culture. *Phycologia*. 12:375-383.
- Tilman, D., 1977. Resource Competition Between Planktonic Algae: An Experiment and Theoretical Approach. *Ecology*. 58:338-348.
- Trainor, R.R., 1978. *Introductory phycology*. Ed. Wiley, Canada. 525 p.
- Trifonova, Y., 1993. Seasonal succession of phytoplankton and its diversity in two highly eutrophic lakes with different conditions of stratification. *Hydrobiologia*, 249:93-100.
- Uthermöhl, H., 1958. *Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodick*. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., (9):39.
- Vadas, R.L. 1992. The springtime phytoplankton of two calcareous ponds in Ohio. *Journal of Freshwater Ecology*. 7(4):407-418.
- Wetzel, R.G. y Likens, E.G., 1979. *Limnological analysis*. W.B. Saunders Co., London.
- Wilkins, D. y Piedrahita, R. 1988. The relation between phytoplankton and dissolved oxygen in fish ponds. *Aquaculture*. 68:249-265.