

CARACTERIZACIÓN DEL BORDO TEMPORAL “LA POZA” EN EL QUE SE PRÁCTICA LA ACUICULTURA EXTENSIVA, EN IXTLILCO EL CHICO, MORELOS.

Migdalia Díaz Vargas^{1*}, Héctor Quiroz Castelán¹, Judith García Rodríguez¹,
Isela Molina Astudillo¹

¹Laboratorio de Hidrobiología del Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

Correo-e: migdalia@uaem.mx, garciarj@uaem.mx, molina@uaem.mx, quiroz@cib.uaem.mx

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

La caracterización cuantitativa y cualitativa de un sistema acuático productivo permite identificar las condiciones actuales para el desarrollo de estrategias de manejo y utilización de los recursos. Entre estos cuerpos de agua se encuentran los bordos temporales, importantes ecosistemas dulceacuícolas en los cuales interactúan entre sí gran cantidad de especies, incluidos los seres humanos y en los que se pueden implementar acciones para el aprovechamiento de los recursos naturales de manera sostenible y sustentable, se realizó un estudio para caracterizar las condiciones limnológicas de un bordo temporal, en Ixtlilco el Chico, en el municipio de Tepalcingo, Morelos. El desarrollo de este trabajo se realizó del mes de mayo de 2008 a mayo de 2009, se realizó el diagnóstico actual del bordo la poza, para estimar las condiciones

fisicoquímicas, de productores primarios y secundarios, con el fin de identificar su potencial productivo. Este sistema cuenta con características limnológicas propicias para el establecimiento de cultivos piscícolas, ya que la calidad del agua y disponibilidad de nutrientes son adecuados para el establecimiento de productores primarios y secundarios, mismos que pueden ser utilizados como alimento natural para las especies bajo cultivo. Además, podría establecerse un policultivo para aprovechar adecuadamente los recursos disponibles.

Palabras Clave: *Limnología, fisicoquímicos, productores primarios y secundarios*

ABSTRACT

The quantitative and qualitative characterization of the aquatic productive system support to identify current conditions for the development of management strategies and use of resources. Among

Recibido: 10/04/2011; Aceptado: 1/06/2011.

these bodies of water are the temporary aquatic reservoir, important freshwater ecosystems in which interact large number of species, including humans and in which can be implemented action for the development of natural resources in a manner sustainable, a study was made to characterize the limnological conditions of an temporary aquatic reservoir in Ixtlico el Chico, in Tepalcingo, Morelos. The development of this work was realized from May, 2008 until May, 2009, the large puddle realized the current diagnosis of the pond, to estimate the physico-chemical conditions, of primary and secondary producers, in order to identify his productive potential. This system is provided with limnological characteristics propitious for the establishment of fish culture, since the quality of the water and availability of nutrients are adapted for the establishment of primary and secondary producers themselves, who can be used as natural food for the species under farming. Also, a polyculture established to make use to appropriately of the available resources.

Key words: *Limnology, physico-chemical, primary and secondary producers.*

INTRODUCCIÓN

La caracterización cuantitativa y cualitativa de un sistema acuático productivo ayuda a identificar las condiciones actuales para el desarrollo de estrategias de manejo y utilización de los recursos.

Es decir, se refiere a la determinación de las características distintivas para conocer los aspectos más relevantes que lo definen o tipifican, considerando todos aquellos factores que influyen en la composición, distribución y biomasa de la biota acuática, tasas de reciclamiento de nutrientes, productividad primaria y estado trófico general, considerando conjuntamente aspectos

geológicos, morfológicos, climáticos y antropogénicos (Arredondo *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista antropogénico, el manejo del agua representa una problemática social, físicoquímica y biológica; debido a que es un factor indispensable en todas las etapas de la producción, procesamiento y comercialización de alimentos y otros satisfactores fundamentales.

Por ello, para determinar las condiciones de los sistemas cuyo propósito es la acuicultura, es necesario realizar estudios limnológicos, disciplina desarrollada desde hace varias décadas tanto en ambientes naturales como artificiales y que incluye distintos aspectos hidrológicos, hidroquímicos, geoquímicos y biológicos (fitoplancton, zooplancton, peces, malezas acuáticas), que además constituye la herramienta técnica y científica base para los planes de Gestión y Manejo destinados a la sustentabilidad del recurso hídrico (Peralta y León, 2006).

En el estado de Morelos se han realizado estudios en 16 cuerpos de agua menores de 10 ha, de los 84 que aproximadamente se encuentran en el mismo, los cuales en su mayoría se localizan en la Región Oriente y los demás en la Zona Poniente, apreciando que gran parte de la información son contribuciones a la relación de algunos parámetros fisicoquímicos; comportamientos planctónicos; morfométricos, así como a la evaluación de tasas de crecimiento de las familias CICHLIDAE y CYPRINIDAE en monocultivos, bicultivos y policultivos extensivos de estas especies.

Por otra parte, existe poca información que pueda ser utilizada para garantizar el uso apropiado y eficiente de los modelos integrales en ambientes acuáticos, modelos que en los últimos años han representado una alternativa sustentable, y que se refiere tanto a los componentes de los ecosistemas, su

dinámica, la productividad primaria y secundaria, los parámetros fisicoquímicos del agua y sedimento, las variaciones de estos, las tasas de producción pesquera real, así como las formas de utilización de los mismos y la participación de la población beneficiaria.

La falta de esta información impide la formulación de modelos que conduzcan a la obtención de beneficios sociales y productivos sin requerir de un nivel de tecnificación muy alto.

Considerando todo lo anterior, el desarrollo de trabajos orientados a distinguir las capacidades productivas de los sistemas acuáticos es importante y pertinente en este momento, por lo que el principal objetivo de este trabajo fue: Analizar las principales condiciones limnológicas del bordo temporal Ixtlico el Chico en el municipio de Tepalcingo, relacionadas con su utilización en la acuicultura extensiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de Ixtlico el Chico ("tierra de magueyes") se ubica en el municipio de Tepalcingo, entre los $18^{\circ} 33' 31''$ L N y $98^{\circ} 50' 49''$ L O, con una altitud de 1090 msnm, se localiza a 5 km de la cabecera municipal cuenta con una población de 1333 habitantes y grado de marginación alto (CONAPO, 2005); en esta localidad se encuentra el embalse "La Poza" (Figura 1), las barrancas que alimentan al embalse son "Pitzotlan" y "Chirimoyo", mismas que lo llenan en la temporada de lluvias.

Este embalse fue construido en 1972 dentro del Plan Nacional Benito Juárez y corresponde a la presa No. 1, para irrigar 103 ha para el cultivo principalmente de maíz, frijol, cebolla, sorgo y jitomate.

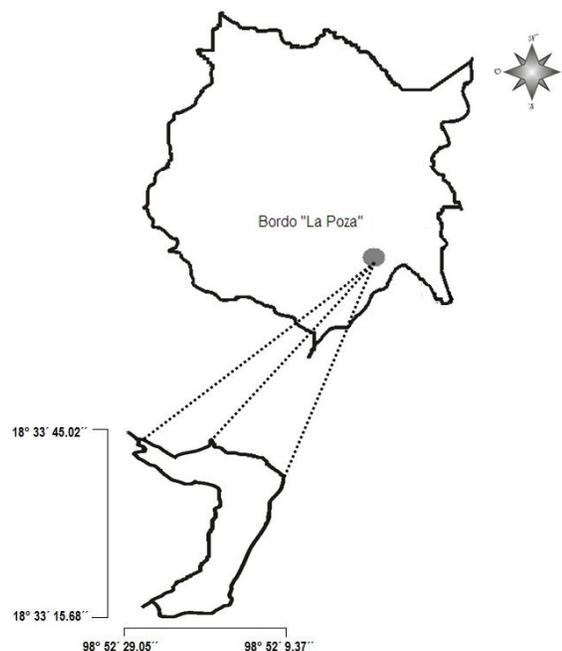


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Tepalcingo, Morelos.

Para conocer las condiciones limnológicas actuales se llevaron a cabo colectas mensuales a partir de mayo de 2008 a mayo de 2009. Para la toma de muestras se consideraron tres estaciones. El análisis morfométrico se realizó utilizando mapas, planos, imágenes de satélite, mediciones y comprobaciones de campo (Wetzel y Likens, 2000).

En cuanto al análisis físico y químico del agua, se monitorearon parámetros conservativos y no conservativos en los sistemas, utilizando las técnicas colorimétricas propuestas por Boyd (1990), un conductímetro; un potenciómetro y un turbidímetro, los tres marca Hach; un disco de Secchi, un oxímetro YSI 57 y un equipo Hatch Drel 2010.

También, se llevó a cabo el análisis del fitoplancton, clorofila a y zoobentos con las técnicas sugeridas por: Uthermöl, (1958), Vollenweider (1974), Wetzel (2001) y Wetzel y Likens (2000). Para la estimación del rendimiento pesquero se utilizaron los

datos mencionados por los integrantes de la comunidad, así como de los órganos institucionales que realizan las siembras, considerando también los volúmenes de cosecha que se obtuvieron en el bordo.

El análisis de resultados, tanto biológicos como fisicoquímicos, se realizó aplicando los paquetes estadísticos de Excel, SPSS 10.0 y Statistica 6.0. (Zar, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El embalse “La Poza” presenta un ancho máximo de 870 m y una longitud máxima de 580 m, la cortina o represa tiene una longitud de 420 m; durante la temporada de lluvias alcanza una profundidad máxima de 3.0 m y una área máxima de inundación de 15 ha.

Durante el transcurso del año, este embalse presenta diversas fluctuaciones respecto a la superficie de inundación, pues aunado a que es un embalse temporal, la cantidad de agua almacenada depende de las necesidades de riego de los diferentes cultivos que se encuentran a su alrededor.

Fisicoquímica y nutrientes del agua:

Durante el periodo de muestreo, la temperatura mantuvo un comportamiento oscilante en el sistema, presentando el típico patrón estacional correspondiente a latitudes tropicales, con valores máximos estivales de 37.9 °C y mínimos invernales de 21.1 °C; una DE (desviación estándar) de 4.02 y media de 27.2 °C.

Las concentraciones de oxígeno disuelto, comprendió valores entre 3 y 7 mg/L para la mayoría de los meses de muestreo, una media de 4.17 mg/L y DE de 1.95. El CO₂, no se registró en los meses de mayo'08, junio, febrero y mayo'09, y valores máximos de 36.63 mg/L en septiembre; una media de 8.3 mg/L y DE de 10.93.

La turbidez registró un valor máximo de 200 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) y un mínimo de 1.99 NTU con una DE de 53.66 y una media de 24.13 NTU. Los sólidos disueltos oscilaron entre 42 y 365 ppm con DE de 65.66 y media de 195.9 ppm; la conductividad del agua presentó valores muy fluctuantes entre los 75 y los 591 μ S, DE de 155.57 y media de 258.8 μ S, del mismo modo la transparencia osciló entre los 5 y 55 cm con 20.62 de DE y 18.5 cm en promedio.

En los reportes de alcalinidad, dureza total y pH, los valores fueron heterogéneos durante todo el ciclo, con fluctuaciones marcadas mes con mes, con valores máximos de 300 mg/L y mínimos de 115 mg/L CaCO₃ de alcalinidad total, cuya DS fue de 45.4 y media de 197.1 mg/L CaCO₃. Dureza total con máximo de 974.9 mg/L CaCO₃ y mínimo de 120.1mg/L CaCO₃, DE 195.45 y media 280.82 mg/L CaCO₃. Los valores de pH oscilaron entre los 8.67 y 10.3, con una DE de 0.75 y media de 7.8 unidades.

Los valores de nitritos registrados en el embalse indicaron un valor máximo de 1.146 y un mínimo 0.011 de mg/L, con una media de 0.038 mg/L y una DE de 0.21. Para el nitrógeno amoniacal, los registros que se obtuvieron fueron de 13.7 mg/L como máximo y 0.09 mg/L como mínimo, DE de 2.82 y una media de 2.01 mg/L. Los ortofosfatos durante el ciclo de muestreo se registraron en un rango de 7.02 mg/L como máximo, 0.22 mg/L mínimo, DE de 2.06 y media de 2.09 mg/L.

Los grupos fitoplanctónicos registrados durante el ciclo de muestreo en el embalse “La Poza”, fueron: Chlorophyta con un total de 137 088 org/ml, Cyanophyta 75 548 org/ml, Euglenophyta 71 280 org/ml y Bacillariophyceae 58 320 org/ml. La mayor abundancia se registró durante el mes de junio, dominada por la división Chlorophyta, posterior a este mes se observó un decremento en la cantidad de organismos de los cuatro grupos manteniéndose por

debajo de los 40 000 org/ml, a excepción de la división Chlorophyta, que mostró incrementos constantes a partir de diciembre, con un segundo valor máximo en marzo.

Los valores más altos de clorofila "a" se presentaron en el mes de noviembre con 1146.013 mg/L Chl "a", lo que coincide con los máximos obtenidos tanto para el fitoplancton como para el bentos, que puede estar asociado a la disponibilidad de nutrientes y a la etapa de concentración, y el mínimo se presentó en octubre con un valor de 3.441 mg/L Chl "a".

En total se registraron 11 grupos bentónicos, gnatópodos, ostrácodos, anélidos, quironómidos, nematodos, insectos (adultos), hydracáridos, tardígrados, cladóceros, copépodos y rotíferos, de los cuales, los grupos dominantes, considerando la suma de las tres estaciones de muestreo, fueron los quironómidos con el 49 % y los ostrácodos con 35 %, el resto de los grupos, representaron el 16% de manera conjunta, lo que indica una alta diversidad de organismos bentónicos, pero con una baja abundancia en el sistema.

La especie que se utiliza para desarrollar la acuicultura extensiva en este cuerpo de agua es principalmente *Oreochromis niloticus*. Respecto a la producción obtenida, reportada por los productores en este embalse en los últimos años, en el Cuadro 1 se registraron datos entre 4 y 6.7 toneladas, considerando dos años, con una disminución en el 2009 con relación al año anterior.

Cuadro 1. Registro de producción y siembra del embalse "La Poza" durante el periodo de estudio.

Año	Siembra (alevines)	Producción (toneladas)
2008	50,000	6.759
2009	30,000	4.054

El estudio de la morfometría de los cuerpos de agua es útil para determinar características importantes de forma y comportamientos en el entorno y en el flujo hídrico de un sistema acuático, la interpretación correcta de estos datos es un punto clave para el manejo de estos sistemas, pues son la base para reconocer las variaciones de volumen de la cubeta y establecer la distribución de los sedimentos (Hernán y Ramírez, 2002); en el caso del bordo en estudio, por tratarse de un sistema con fluctuaciones constantes en los niveles de agua, es un parámetro importante a considerar, ya que permite determinar la disponibilidad de este recurso para el mantenimiento de los cultivos piscícolas, pues la cantidad de agua captada y almacenada para tal efecto depende principalmente de la precipitación pluvial y que en época de estiaje es utilizada para riego de diferentes cultivos agrícolas.

Por otro lado, un aspecto fundamental de los sistemas acuáticos son las características abióticas del agua, mismas que generalmente están influenciadas por la naturaleza del sustrato, sin embargo algunas de ellas pueden tener variaciones relacionadas con el incremento de materia orgánica y la actividad biológica; presentándose una estrecha relación entre los organismos y las variaciones ambientales, misma que se observa al comparar las fluctuaciones en los valores registrados de los distintos parámetros fisicoquímicos y las variantes que presentan de igual manera los organismos propios de los sistemas acuáticos, lo que brinda las herramientas necesarias para la interpretación de la capacidad productiva de los recursos acuáticos (Margalef, 1991).

De manera general, se puede decir que los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos y nutrientes, presentaron variaciones características de los sistemas acuáticos temporales, ya que la fluctuación en los niveles de agua que corresponden a los periodos de lluvia y estiaje, propician cambios en todos los

parámetros considerados (De la Lanza, 2007; Arredondo *et al.*, 2007). En este sentido, la temperatura del agua es un factor de suma importancia ya que desde el punto de vista ecológico tiene efectos en los procesos de autopurificación de los desechos orgánicos, afectando simultáneamente, la rapidez de estabilización de la materia orgánica, el nivel de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de aireación (Ramos *et al.*, 2003); además, de estar directamente relacionado con el crecimiento y reproducción de los organismos bajo cultivo.

Los valores de temperatura registrados, indican que es un cuerpo de agua con aguas cálidas, con un periodo de mezcla continuo de la columna de agua durante todo el ciclo de muestreo; influenciado, también por los cambios en el nivel del agua, ya que se trata de un bordo con una fluctuación estacional, con una inundación máxima solo en la época de lluvias.

Esta característica es propia de los sistemas tropicales, pues de acuerdo con Lewis (1986), los cuerpos de agua polimícticos son comunes en estas latitudes y tienen la capacidad de estratificarse y mezclarse varias veces en la época cálida, debido a su baja profundidad, así como durante el transcurso del día, como resultado de la acción de los vientos y los cambios diurnos de temperatura tan amplios.

La temperatura se relaciona con la solubilidad de los gases, la productividad primaria y el crecimiento y reproducción de las especies ícticas, modificando su metabolismo y capacidad de solubilidad en los sistemas, por lo que, este parámetro es muy importante en el establecimiento de las distintas comunidades biológicas. Para el caso del sistema analizado, los rangos de temperatura son considerados adecuados para el establecimiento de cultivos piscícolas, principalmente de tilapia, pues presenta un óptimo crecimiento en rangos de temperatura de 25-32 °C (Meyer, 2007).

Dentro del balance gaseoso en los sistemas acuáticos, el oxígeno disuelto es fundamental, ya que es generado por los

productores primarios y captado por el intercambio atmosférico por un lado y consumido por los organismos aerobios en sus procesos metabólicos por el otro; las diferentes concentraciones de este gas favorecen o no, el establecimiento de organismos acuáticos dentro de un sistema y por ende la disponibilidad de alimento para los organismos bajo cultivo; de igual manera dichas concentraciones fluctúan por la relación que existe entre otros parámetros como la temperatura y la transparencia (Margalef, 1991).

El oxígeno disuelto, como se mencionó anteriormente, es un gas que se relaciona con la temperatura, además forma parte importante en la respiración de los organismos acuáticos y es uno de los productos de la acción fotosintética; respecto al rango adecuado para la sobrevivencia de los peces bajo cultivo este debe oscilar entre 1.5 a 5 mg/L para el desarrollo adecuado de los mismos (Meyer, 2007); también un factor importante para la oxigenación, es el movimiento de las masas de agua, lo que se relacionó con lo sucedido en este trabajo, ya que el grado de aireación del agua fue amplio, pues la forma de estos permite que toda la superficie esté influenciada por la acción de los vientos, lo que, aunado a la productividad primaria, genera valores adecuados para el establecimiento de peces para cultivo, ya que el promedio superó los 4 mg/L de OD; por lo cual, considerando la normatividad sobre la calidad del agua que propone 2.5 mg/L como mínimo aceptable para la acuicultura (De la Lanza, 1998), esta se cumple.

Por otra parte, el bióxido de carbono presenta una dinámica relacionada con varios factores bióticos y abióticos, y es sumamente importante en la actividad fotosintética, ya que define la concentración de carbono inorgánico que está a disposición de los productores primarios; cuando las poblaciones de organismos fotosintéticos son abundantes en un sistema, la cantidad de CO₂ asimilado es mucho mayor que la cantidad que pasa de la atmósfera al agua por difusión (Margalef, 1991).

En el embalse “La Poza” los valores fueron oscilantes, inclusive en algunos meses se reportaron valores nulos referentes a este parámetro.

La turbidez es un parámetro relacionado con el grado de transparencia del agua, que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión, mismos que pueden ser el resultado de una posible actividad biológica o simplemente de la presencia de partículas inertes.

Los sólidos disueltos están relacionados con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso y también están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva (Wetzel, 2001).

La transparencia, al igual que la turbidez y el total de sólidos suspendidos se relacionaron directamente con las épocas de estiaje y lluvias, registrándose valores altos durante el periodo de inundación para el caso de la transparencia (por el incremento del volumen en la cubeta) y bajos para la turbiedad y total de sólidos suspendidos (por la misma circunstancia), condiciones que no afectan directamente el cultivo de la tilapia (Boyd, 1990).

La alcalinidad, dureza total y pH, son parámetros que se relacionan entre sí; la dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor, cuanto más elevada sea la acidez del agua (pH mayores a 7), es una medida, por lo tanto, del estado de mineralización del agua. La alcalinidad, por otra parte también influye en la acidez o basicidad del agua, ya que es la suma de las concentraciones de los iones carbonato, bicarbonato e hidróxidos, que absorben protones manteniendo el pH en un valor muy estable (Wetzel, 2001).

De acuerdo con los valores registrados, se puede clasificar el tipo de agua

de este sistema como dura, ya que siempre se mantuvo por arriba de los 40 mg/L, que de acuerdo con Boyd (1990) corresponde a esta clasificación.

Al respecto, Arrignon (1978), indica que las aguas duras son más productivas que las suaves, porque no sólo es el resultado de una alta alcalinidad, sino que los niveles de fósforo y otros elementos esenciales se incrementan con ésta, proporcionando una gran cantidad de nutrientes disponibles para los productores primarios.

Este parámetro forma parte de los factores determinantes de la producción biológica, pues aunado a los componentes morfométricos (dimensiones de la cubeta lacustre) y climáticos (procesos meteorológicos), los materiales disueltos del componente edáfico, determinan las características del sistema, así como las comunidades que se pueden establecer y que servirán de alimento a los organismos bajo cultivo; ya que la interacción de los tres componentes modulará el flujo de energía y el reciclado de los materiales expresados como producción (Hernández-Avilés *et al.*, 2007).

En cuanto a los valores de pH, el rango aceptable para el cultivo de la tilapia va de 5 a 11 (Meyer, 2007), valores promedios escasamente por arriba de las 8 unidades se registraron este bordo, lo cual influye en el proceso de descomposición de la materia orgánica, liberación de amonio y precipitación de hierro y magnesio (Gómez-Márquez *et al.*, 2007), lo que brinda a los sistemas condiciones adecuadas respecto a la disponibilidad de nutrientes que los productores primarios pueden transformar en alimento.

Respecto al aporte de nutrientes en los sistemas acuáticos, el nitrato es el compuesto derivado del nitrógeno más importante, pues es considerado como una fuente de nutrientes imprescindibles para ciertos organismos autótrofos, ya que una alta concentración de nitratos puede originar el llamado fenómeno de eutrofización, debido al aumento en la población de estos

organismos fotoautótrofos que compiten por el oxígeno con otros organismos aerobios de mayor tamaño. La concentración de nitratos, al igual que la de nitritos está relacionada con el desarrollo de florecimientos algales y por ende con la alta disponibilidad de alimento para los peces, pues concentraciones mayores de 0.1 mg/L de nitritos pueden indicar aportes de aguas ricas en materia orgánica en vías de oxidación (Rodier, 1990).

El nitrógeno en forma de amonio (N-NH₃) es una sal inorgánica que es asimilada por el fitoplancton y la macrovegetación sin cambio químico ni gasto de energía, sin embargo, el exceso de este nutriente provoca efectos fisiológicos visibles en los peces tales como: reducción en la excreción, incremento del pH en la sangre, inactivación de enzimas, daño a las agallas y aumenta el consumo de oxígeno (Boyd, 1990). De igual forma, el fósforo en forma de ortofosfatos (P-PO₄) es un elemento esencial en el crecimiento de algas y otros organismos biológicos (Ramos *et al.*, 2003).

En todo sistema acuático los ortofosfatos representan la forma iónica asimilable por los productores primarios y esto se ve reflejado en la concentración de clorofila α , y con ello el aumento en la producción de alimento (De la Lanza, 1998). Los embalses en general, reciben un suministro extraordinario de material nutritivo en la superficie, pero la turbiedad del agua puede, en muchas ocasiones contrarrestar el efecto y limitar la producción (Margalef, 1991).

Sin embargo, este aporte frecuentemente está constituido por compuestos nitrogenados, de los cuales los nitratos son la forma del nitrógeno biológicamente más accesible para los vegetales acuáticos, y su concentración junto con los ortofosfatos, determina el crecimiento de la flora acuática (Peña *et al.*, 2002), de la cual forma parte el fitoplancton, ya que es uno de los constituyentes

biológicos en los sistemas acuáticos y su presencia la determinan en gran medida las condiciones ambientales y la disponibilidad de nutrientes.

En este sentido, este embalse se caracteriza por presentar condiciones fluctuantes debido a la dinámica estacional, es decir, un periodo de inundación y uno de estiaje, por lo que la concentración de nutrientes también cambia y está relacionada con la productividad primaria y la estacionalidad de los florecimientos algales, pues una gran cantidad de organismos fitoplactónicos ocasionan una elevada concentración de nitritos debido a sus procesos de excreción (Botas *et al.*, 1988), aunado a la descomposición de materia orgánica depositada en el sedimento, que puede provenir del exterior o de la muerte de los productores primarios, lo que incrementa las concentraciones de amonio, nitratos, nitritos y fosfatos por la acción bacteriana y que son utilizados a su vez por los organismos fotosintéticos.

Respecto a los organismos pertenecientes al fitoplancton, término que define a los organismos autótrofos que se localizan en la columna de agua de forma libre y que constituyen el primer eslabón de la red trófica, son importantes generadores de oxígeno, características que los ubica como los principales indicadores de la productividad en los sistemas acuáticos (Quiroz *et al.*, 2004), por lo que son una fuente importante de alimento para los peces bajo cultivo; en el presente trabajo la primordial característica de las comunidades fitoplanctónicas es la coexistencia simultánea de numerosas poblaciones de especies en un mismo hábitat lacustre (Wetzel, 2001); en este caso, el grupo más abundante fue el de las clorofitas con un 40%, los resultados indican un gran aporte de alimento para los peces.

Se reportó una mayor cantidad de organismos en los meses de concentración, a excepción de junio'08 cuando se reportaron los máximos para los cuatro

grupos, esto probablemente corresponda a, que con el inicio de la temporada de lluvias se presentó un aporte externo de nutrientes y las temperaturas favorecieron el establecimiento de estas comunidades, y a que las variaciones estacionales no afectan significativamente la composición en cuanto a las divisiones del fitoplancton presentes, datos semejantes a los reportados por Quiroz (1996), aunado también a lo reportado por Boyd (1982), quien indica una mayor presencia de diatomeas cuando las condiciones de disponibilidad de nutrientes son altas.

En cuanto a la disponibilidad de alimento proporcionado por el fitoplancton, en este sistema existe una cantidad adecuada de organismos para tal efecto, de acuerdo con Margalef (1991) el estado productivo de un ambiente acuático está relacionado con la cantidad de fitoplancton y propone una clasificación al respecto, indicando como ambientes eutróficos los que presentan una relación de 102-104 cel/ml y muy eutróficos de 104-106 cel/ml, por lo que ambos sistemas bajo estudio se clasifican como eutróficos y por ende capaces de soportar el cultivo de tilapia, principalmente por las altas densidades de organismos fitoplanctónicos durante gran parte del año (con algunas variaciones y sucesiones poblacionales), brindando alimento a las tilapias, cuyos hábitos son microfágos.

Aunado al registro de los organismos fitoplanctónicos, la determinación de la productividad primaria de un sistema acuático mediante la medición de la clorofila "a" es relevante desde el punto de vista ecológico, pues brinda un referente respecto al grado de nutrientes disponibles en el medio para poder clasificarlos como oligotróficos, mesotróficos o eutróficos; en otras palabras, es una técnica muy utilizada para evaluar la cantidad de alimento producido por el proceso de la fotosíntesis que realizan los productores primarios (Wetzel, 2001).

En este sentido los valores reportados indican una alta productividad, misma que favorece el establecimiento de cultivos piscícolas, ya sea con una sola especie, como hasta ahora

En lo que se refiere a la productividad secundaria, los organismos animales que se encuentran en contacto directo con el sedimento en un sistema acuático son denominados zoobentos, y lo constituyen principalmente invertebrados menores que son utilizados como alimento por varias especies de peces, incluidas la tilapias por sus hábitos omnívoros (Meyer, 2007).

En muchos lagos de la zona tropical la falta de oxígeno de forma permanente en el fondo reduce la fauna bentónica a tal simplicidad que no hace posible el uso de estos organismos como indicadores (Prat y Rieradevall, 1998), mucho menos como alimento disponible; sin embargo, la utilización de ictiofauna que remueva los sedimentos por sus hábitos alimenticios (p. e. *Ciprinus carpio*) podría incrementar la renovación de las comunidades zoobentónicas (Yubi *et al.*, 2008).

Los organismos bentónicos dependen del flujo de energía que les llega desde la zona planctónica; la red trófica y por ende la estructura y densidad de dichas poblaciones, se organiza de acuerdo con esta entrada y el tipo de material que llega al fondo del embalse; así cuando el embalse es muy productivo y somero se favorecen las especies herbívoras que se alimentan del plancton que se sedimenta, principalmente los quironómidos (Strayer, 1991).

En el monitoreo realizado en este trabajo, se encontró como grupo dominante de la zona bentónica a los quironómidos, con el 49 % en el embalse "La Poza".

Los resultados obtenidos durante el ciclo de muestreo indican una baja presencia de organismos bentónicos,

debido probablemente a la temporalidad del sistema, presenta cambios importantes en la superficie inundada por ser un sistema temporal, ya que, para que se establezcan las comunidades bénticas, son necesarias condiciones estables respecto a estas zonas, debido a que es en éstas en donde se establecen dichos organismos (Margalef, 1991).

Como parte de las acciones y recomendaciones que hasta el año 2003, la SAGARPA realizaba en los embalses rurales de la entidad con el Programa de Acuicultura Rural, se consideraba una tasa de siembra de 1 org/m² y se estimaba de igual manera una producción anual de 1 ton/ha en sistemas extensivos, estas estimaciones de producción coincidían con un gran número de embalses atendidos, incluido el sistema analizado en este trabajo; sin embargo, Huipe-Ramos y Bernal-Brooks (2009) indican que el índice general usado en México para acuicultura extensiva en esta proporción sobrecarga los ecosistemas acuáticos temporales y únicamente administrando alimento adicional es que se puede duplicar la cantidad de organismos en cultivo y mejorar los resultados derivados de esta actividad productiva.

En los últimos años la proporción de siembra en este tipo de sistemas ha disminuido, principalmente por cuestiones económicas, ya que a partir del 2004 las crías producidas por los Centros Acuícolas de Morelos, y de todo el país, son vendidas a las comunidades, lo que ha repercutido en cierto modo con la cantidad de organismos sembrados en cada embalse, lo que de manera coincidente podría estar beneficiando las producciones de estos cultivos, principalmente el de la tilapia en la entidad.

No obstante, el manejo de microembalses, ya sea para acuicultura extensiva o semintensiva, requiere de un conocimiento aproximado de la capacidad de carga, concepto fundamental en ecología que considera los límites de crecimiento poblacional basado en los recursos

alimenticios existentes y también como referencia para calcular el número de organismos a introducir en cada caso (Huipe-Ramos y Bernal-Brooks, 2009). Por tal motivo el interés de que en estas comunidades, se realicen estudios detallados se que generen información para un adecuado manejo de sus recursos es imprescindible.

En este sentido, Hernández-Avilés *et al.*, (2007) destacan la importancia de los microembalses en las áreas rurales de México desde el punto de vista económico, al ser sistemas productivos ricos en nutrimentos, la mayoría de ellos son eutróficos y por ende, adecuados para la acuicultura.

En especial, los microembalses “temporales” de la Meseta Central de México (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992) acopian agua pluvial desde el inicio de la temporada de lluvias a partir de junio aproximadamente y retienen el agua hasta principios del ciclo siguiente, cuando experimentan un proceso de desecación por influencia estacional de la época de secas (noviembre-mayo). En este sentido, constituyen un ejemplo de ecosistemas acuáticos intermitentes, al contrario de los cuerpos de agua permanentes donde existen poblaciones de peces autosuficientes a través de la reproducción natural. Sin embargo, la asistencia técnica sigue siendo importante para el manejo de los microembalses temporales y por ende para el aprovechamiento piscícola. Afortunadamente, en las comunidades en donde el grado de aceptación de esta actividad es alto, la manera empírica de hacer las cosas aunada a la experiencia los ha llevado a obtener excelentes resultados.

CONCLUSIONES

Este sistema cuenta con características limnológicas propicias para el establecimiento de cultivos piscícolas, ya que la calidad del agua y disponibilidad de nutrientes son adecuados para el establecimiento de productores primarios y

secundarios, mismos que pueden ser utilizados como alimento natural para las especies bajo cultivo. Además, podría establecerse un policultivo para aprovechar al máximo los recursos disponibles.

La implementación de modelos de manejo integral es factible en esta comunidad, pues el aprovechamiento racional de sus recursos puede potencializarse fomentando la participación colectiva en beneficio de sus pobladores, principalmente con la generación de alimento a bajo costo con los cultivos piscícolas y la integración de las actividades agropecuarias a las acuícolas.

AGRADECIMIENTOS

A la Bióloga Arhelí Fabiola González Miranda y al Pasante de Biólogo Víctor Manuel Estrada Salgado por su apoyo y colaboración en la obtención y procesamiento de datos.

LITERATURA CITADA

Arredondo, F. J. L., Díaz, Z. G. y Ponce, P. M. T. 2007. *Limnología de Presas Mexicanas, aspectos teóricos y prácticos*. Ed. AGT S. A. México. 899 p.

Arredondo-Figueroa, J. L. y Flores-Nava, A. 1992. "Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y manejo en la acuicultura". *Hidrobiológica* 3/4: 1-10.

Arrignon, J. 1978. "Calcul pratique de la section d'un moine de vidange". *Bull Lais. C. S. P.* No. 1-2/78, 12-14 p.

Botas, J. A., Bode, A., Fernández, E. y Anadón, R. 1988. "Descripción de una intrusión de agua de elevada salinidad en el Cantábrico central: distribución de los nutrientes inorgánicos y su relación con el fitoplancton". *Inv. Pesq.* 52(4) 561-574.

Boyd, C. E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences*. Elsevier Scientific Publishing Company.

Boyd, C. E. 1990. *Water quality in warmwater fish pond*. Crafmaster Printers, Inc. USA. 359 p.

Consejo Nacional de Población. 2005. <http://www.conapo.gob.mx> (01/04/10).

De la Lanza, E. G. 1998. "Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua". En: Martínez, C. R. L. (compilador).

Ecología de los sistemas acuícolas. Bases ecológicas para el desarrollo de la acuicultura. AGT. México. 1-26 p.

De la Lanza, E. G. 2007. *Las aguas interiores de México, conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 695 p.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Arredondo-Figueroa, J. L., Salgado-Ugarte, I. H. y Guerra-Hernández, E. A. 2007. "Lago Coatetelco, Morelos". En: De la Lanza, E. G. 2007. *Las aguas interiores de México, conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 170-183 p.

Hernández-Avilés, J. S., Galindo, de S. M. del C., Loera, P.J. 2007. "Bordos o Macroembalses". En *Lagos y Presas de México*, compilador: De la Lanza, E. G. y García, C. J. L. Ed. AGT S. A. México. 606 p.

Hernández-Avilés, J. S., García-Calderón, J. L., Galindo,aldino, S. M.C. y Lorea, P. J. 2007. "Microembalses: una alternativa de la limnicultura". En De la Lanza, E. G. 2007. *Las Aguas Interiores de México, conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. 597-620 p.

Hernán, T. A. y Ramírez, R. J. J. 2002. "Aspectos morfométricos y teóricos de un embalse tropical de alta montaña: represa La Fe, El Retiro, Colombia". *Rev. Acad. Colom. Cienc.* 26(101):511-518 ISSN 0370-3908.

- Huipé-Ramos A. B. y Bernal-Brooks, F. W. 2009. "Manejo de microembalses para el cultivo extensivo de carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) en la región de Zacapu, Michoacan, México". *Hidrobiológica* 19 (2): 129-139.
- Lewis, W. M.Jr. 1986. A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40:1779-1787 p.
- Margalef, R. 1991. *Limnología*. Ed. Omega. España. 1010 p.
- Meyer, D. 2007. *Introducción a la Acuicultura*. EAP, Zamorano, Honduras. 159 p.
- Peña M.E.; Ponce P.J.T.; Hernández M.D.; Castro T.C. y Tapia V. R. 2002. "Evaluación de los principales componentes de la productividad natural en el Embalse de Aguamilpa". *Memorias del Congreso de Investigación Científica y Tecnológica en Nayarit, México*. 10 p.
- Peralta, P. y León, J. 2006. Estudios de caracterización limnológica de los embalses de la provincia de Mendoza. Componente de calidad de agua y suelo. Programa de riego y drenaje de la provincia de Mendoza. PROSAP-DGI-OEI. 148 p.
- Prat, N. y Rieradevall, M. 1998. "Criterios de evaluación de la calidad del agua en lagos y embalses basados en los macroinvertebrados bentónicos". *Actual Biol* 20(69):137-147.
- 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. Tesis Doctoral. UNAM. 84 p.
- Quiroz, C. H., Mora, Z. M. L., Molina, A. F. I. y García, R. J. 2004. "Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México". *Acta Universitaria*. 14(1):47-57.
- Ramos R., Sepúlveda R. y Villalobos F. 2003. *El agua en el medio ambiente muestreo y análisis*. Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Plaza y Valdes Editores. México.
- Rodier, J. 1990. *Análisis de las aguas*. Ed. Omega. Barcelona. 1059 p.
- Strayer, D. L. 1991. "Perspective on the size structure of lacustrine zoobenthos, its causes and its consequences". *J North Amer Benthol Soc* 10:210-221.
- Uthermöl, H. 1958. Zur. "Vervollkommung der quantitative phytoplankton methodic". *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* (9):39.
- Vollenweider, R. A. (ed). 1974. *A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments*. IBP Handbook No 12. Oxford Blackwell. 225 p.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. Academic Press. 3ª Ed. 850 p.
- Wetzel, R. G. and Likens, E. G. 2000. *Limnological Analysis*. Third Edition. Springer, USA. 421 p.
- Yubi, A. M. A., Navarrete, S. N. A., Elías, F. G., Vazquez, G. G. y Urrieta, Z. E. S. 2008. "Relaciones tróficas de los peces del embalse San Miguel Arco, de Soyaniquilpan, estado de México". *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(1):33-38. <http://redalyc.uaemex.mx>
- Zar, J. H. 1999. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall. USA. 123 p.