

Potencial Productivo de una Laguna artificial en el desarrollo del cultivo de tilapia (Potencial Productive of artificial lagoon on development of tilapia farming)

Ruiz Velazco Arce Javier Marcial de Jesús | López Lugo | Peña Messina Emilio | Benitez Valle Carlos | Bautista Covarrubias Juan Carlos | González Vega Humberto: Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit; México. Email de contacto: [r : marcialj@nayar.uan.mx](mailto:marcialj@nayar.uan.mx)

REDVET: 2007, Vol. VIII N° 3.

Recibido: 10.02.2007 / Referencia: 070305 / Aceptado: 28.02.2007 / Publicado: 01.03.2007

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030307.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet/n030307/030705.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> - <http://www.redvet.es>

Resumen

El estudio se realizó en la laguna de Mora, ubicada, a 4 km de la ciudad Tepic, capital del estado de Nayarit, en México. El objetivo fue generar conocimiento acerca del potencial acuícola de esta laguna, a partir del análisis de las variables que explican el comportamiento de su metabolismo productivo en un ciclo anual. Con ello, identificar las estrategias de explotación más adecuadas para el desarrollo de la producción acuícola de tilapia, en coherencia con sus características de productividad natural y las posibilidades de intensificación de la actividad, sin perjuicio de su metabolismo productivo. Se partió de una primera fase de análisis cartográfico, seguida del estudio de factibilidad ambiental, productividad natural y las condiciones hidrológicas mínimas para la subsistencia de organismos cultivables. Después de esto, se tuvieron elementos suficientes para descartar alguna dificultad ambiental o hidrológica limitante para el aprovechamiento acuícola. Los resultados del

trabajo mostraron características de productividad que ubican a este sistema en un nivel mesotrófico con variables hidrológicas consideradas de aptitud para un ciclo del cultivo de tilapias en las estaciones de primavera, verano y parte de otoño. Estos resultados servirán de base para el diseño, proyección y ejecución de proyectos de inversión acuícola particulares para el sistema, cuyo plan de manejo se percibe necesario a fin de garantizar la sustentabilidad ambiental de su aprovechamiento. La tilapia es una especie que cuenta con buena aceptación en el mercado, sobre todo en el ámbito mundial, donde su cultivo genera empleo y divisas.

Este estudio pretende contribuir al desarrollo tecnológico del cultivo de tilapia para las especies *Oreochromis aureus* y *Oreochromis niloticus*, en condiciones de cultivo extensivo en la laguna de Mora en Nayarit, México.

Palabras clave: Tilapia | Productividad natural | nutrientes | laguna

Abstract

The study was carried out in the "laguna de Mora", sited 2.4 miles from Tepic city, capital of Nayarit state, in México. The main objective was the knowledge generation about the aquaculture potential use of the lagoon, initiating from the analysis of variables which explain its productive metabolism behavior in a period of one year. From that, to identify the more adequate exploitation strategies for development of aquaculture production in close coherence with natural productivity characteristics and the activity intensification possibilities without prejudice of its productive metabolism. The first phase of cartographic analysis was followed of environmental feasibility study, natural productivity and minimal hydrological conditions for cultivable organism's subsistence. Then, there was a sufficient criterion to discard some environmental or hydrological difficulty which limits the aquaculture exploitation. The work

results show productivity characteristics which situated the system in a mesotrophic level, with aptitude for Tilapia species culture, in reason of the hydrological variables in three seasons: spring, summer and autumn. These results will be used as a basis for design, projection and execution of aquaculture inversion projects in "Laguna de Mora". A management plain is considered necessary in order to guarantee the environmental sustainability of its exploitation. The Tilapia species have good acceptance in markets all over the world. Tilapia culture generates employment and profits in many countries. The study pretends to contribute in technological development of *Oreochromis aureus* and *Oreochromis niloticus* culture in extensive conditions in "Laguna de Mora", Nayarit, México.

Keywords: Tilapia | natural productivity | nutrients | Lagoon

Introducción

Las tilapias son especies de agua dulce que han adquirido una importancia comercial significativa en los últimos años, son de aguas cálidas y su distribución se limita a un mínimo de temperatura ((Philippart y Ruwet, 1982), no se desarrollan por debajo de los 16 °C (Chervinski, 1982). Son originarias de África y representan una importante fuente de alimento y proteína (Ridha, 2004). México, es uno de los principales productores de tilapia en Latinoamérica, pero sus exportaciones son mínimas (Ruiz Velazco *et al.*, 2006), por lo tanto, se requiere una producción sostenida y organizada que permita lograr la exportación. Diversos estudios se han realizado en diferentes sistemas de cultivo, algunos en tanques (Bailey *et al.*, 2000), en estanques (Diana *et al.*, 2004), en jaulas (Cruz y Ridha, 1991; Yi *et al.*, 1996; Ouattara *et al.*, 2003), en sistemas de recirculación con diferentes cepas de tilapia (Ridha, 2006), en tanques circulares con aguas termales (Ruiz Velazco *et al.*, 2006), con resultados interesantes en beneficio de la producción de tilapia, sin embargo, pocos estudios se han realizado en los embalses, lagos y lagunas de México que relacione el cultivo de la tilapia con el potencial productivo de éstos cuerpos de aguas, así pues, se han realizados investigaciones de algunos cuerpos de agua continentales mexicanos, entre ellas se encuentran las de Rosas *et al.*, (1993) con comunidades algales en el Lago de patzcuaro, Díaz *et al.*, (1998) en el Lago Atezca, Hoz y De la Lanza, (2000) en jagüeyes en el norte de México, Hernández *et al.*, (2002) en Bordos o macroembalses, Quiroz, *et al.* (2004) en el Lago de Chapala con organismos fitoplanctónicos y calidad de agua, Molina, *et al.*, (2005) con la distribución de plancton en estanque rústico de producción piscícola, Quiroz, *et al.* (2006) en bordos temporales para la acuicultura. La introducción de la tilapia en México se inició en la década de los 60's (Morales, 1991) y su explotación ha generado fuentes de alimentación y empleo en sitios en donde no existía una actividad pesquera importante (Basurto, 1984; Morales, 1991), la introducción de la tilapia en la Laguna de Mora es un hecho reciente que data de la últimas décadas, el cual corrió a cargo de la anterior Secretaría de Pesca. Desde su introducción, se han desarrollado actividades de extracción sin un aparente plan de manejo y comercialización, no existen antecedentes de estudios previos en este cuerpo de agua artificial. El estudio del metabolismo de este sistema es de mucha importancia, ya que en él se pretenden desarrollar cultivos relacionados con tilapias, lo que hace también importante la productividad natural.

El fitoplancton requiere de los compuestos inorgánicos del nitrógeno y fósforo. Los nutrientes con la temperatura y la intensidad de la luz son los responsables abióticos directos de la productividad natural en los ambientes acuáticos y su monitoreo es una herramienta metodológica en la hidrología (De la Lanza, 1994). En los medios acuáticos y principalmente en ambientes de cultivo, el principal producto de la excreción de los organismos es el amoniaco, que en presencia de una adecuada concentración de oxígeno y de bacterias específicas puede ser transformado en nitritos y nitratos. 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). Para este efecto fue imprescindible realizar una evaluación del potencial productivo específico de la Laguna de Mora que permitió identificar la modalidad del cultivo que se debe realizar en función de la serie de variables que se evaluaron, para así coadyuvar con el despegue del desarrollo acuícola.

Materiales y métodos

Área de estudio. Se desarrolló durante 12 meses, en el año 2003, en la laguna de Mora, ubicada a 4 km de la ciudad de Tepic, Nayarit, México, a una altitud 1000 m. Se consideraron tres sitios que se georeferenciaron mediante un GPS modelo II PLUS marca GARMIN, el resultado generó las siguientes coordenadas. Sitio 1: 21°30'95" latitud norte y 104°48'48" longitud oeste, Sitio 2: 21°31'40" latitud norte y 104°48'69" longitud oeste y Sitio 3: 21°31'13" latitud norte y 104°48'70" longitud oeste.

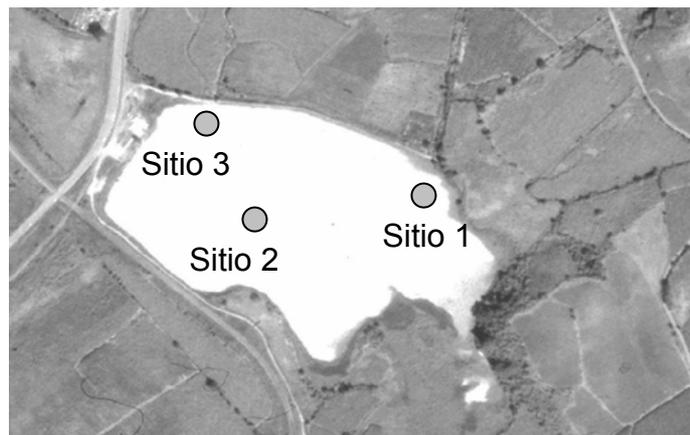


Figura 1 Ortofoto que describe de los sitios de muestreo en la laguna de Mora

En estos sitios se llevaron a cabo las mediciones y registros necesarios, mediante ciclos nictimerales, cada 4 h a partir de las 18:00 h hasta las 14:00 h del día siguiente, sumando seis muestreos en 24 h; los muestreos se realizaron cercanos a la mitad de cada una de las cuatro estaciones del año.

Evaluación de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua. El conocimiento de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua permitió identificar condiciones favorables o limitantes para el desarrollo del cultivo de tilapia.

El análisis físico, químico y de calidad del agua consistió en la determinación de las principales variables físicas, químicas e indicadores de calidad en la laguna. Tales variables fueron: oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C) y pH, así como las formas del nitrógeno: nitratos (N-NO₃), nitritos (N-NO₂) y amonio (N-NH₄) y los ortofosfatos (P-PO₄).

Para la concentración de oxígeno disuelto, se utilizó un oxímetro, marca HANNA Mod. 9142, con membrana sumergible; para el pH, un potenciómetro de campo, marca HANNA Mod. 9622; la temperatura se registró con un termómetro de cubeta, de 0 a 100 °C.

Para la determinación de los nutrientes, se empleó la técnica colorimétrica, con un espectrofotómetro de campo (Multiparamétrico Mod. C-200 marca HANNA) para análisis de aguas, utilizando para cada variable los reactivos correspondientes.

Productividad natural y metabolismo del sistema. Para evaluar la productividad natural se determinó la productividad primaria neta, así como la cantidad de zooplancton existente en el sistema. La productividad primaria neta se registró mediante la determinación de niveles de clorofila a, b, y c, con el método descrito por Richards y Thompson, (1952) corregido por Jeffrey y Humphrey, (1975) en Strickland y Parsons, (1972). Las muestras se leyeron en un espectrofotómetro GENESIS 8, a diferentes longitudes de onda (750, 664, 647).

En la obtención de las muestras de zooplancton se filtró un volumen constante (57 L) de la columna de agua. Se utilizó una cubeta de 19 L y un tamiz de 45 micras como filtro, tamaño al cual se elimina la mayor proporción de fitopláncton. Después de tamizadas, se conservaron en frascos de plástico, con formalina "buffer" a 5% (Steedman, 1976). A la solución de formalina buffer se le adicionó "Rosa de Bengala", como colorante, para facilitar el procesamiento de las muestras.

Para el conteo e identificación del zooplancton se trabajó con tallas homogéneas. Las muestras se estratificaron con tamices de 341, 190 y 45 micras para obtener submuestras que se depositaron en tres probetas con volúmenes de agua conocidos. De cada una de ellas, se tomó una alícuota de 1mL de acuerdo con Nuñez-Pastén *et al.*, (1992). La alícuota se colocó sobre una cámara de conteo (Sedwick-Rafter) para procesamiento e identificación de organismos. Los resultados del conteo se extrapolaron, primero, al volumen de las probetas en el cual se diluyó el contenido de cada estrato y, posteriormente a la densidad equivalente a su abundancia por litro. La identificación de los grupos zooplanctónicos se hizo con ayuda de las claves ilustradas por Needham y Needham, (1978).

Potencial hidráulico. El área se calculó sobre una ortofoto digitalizada de la laguna de Mora con resolución de 2 m/píxel, tomada en mayo de 1995, utilizando ArcView GIS 3.0. La profundidad se calculó con un cabo graduado de 6 mm, al cual se le agregó un lastre para precipitarlo al fondo. Para el gasto se utilizó un recipiente de 19 L y, mediante la ecuación $Q=V/t$ en (Bueche, 2000), se calculó el gasto de agua, donde: "Q" representa el gasto de agua, en L/s; "V" el Volumen de agua calculado, en litros; y "t", el tiempo en que se llenó el recipiente utilizado en segundos. Las corrientes se determinaron de manera visual y con la ayuda de una veleta que indicaba la dirección del viento.

Análisis estadísticos de los datos. Las variables se sometieron a un análisis estadístico utilizando el programa SAS 8.0, mediante un modelo de comparación de medias de Tukey y un análisis de correlación de Pearson con un valor de alfa igual a 0.05 de nivel de significancia.

Resultados

La temperatura, durante el año (Figura 2) estuvo por arriba de 26 °C en primavera; en verano tuvo una disminución y durante el otoño se observó una declinación más acentuada que culminó en invierno, por debajo de 20 °C. El pH presentó pequeñas variaciones en intervalos de entre 7.7, en otoño, y 8.7, en primavera, valores intermedios de este factor se presentaron en verano e invierno, y sólo en una ocasión se tuvo un registro menor que siete. En cuanto al oxígeno disuelto (O-D) en el agua, los valores en primavera estuvieron cerca de 8 mg/L, descendiendo en el verano, a valores cercanos a 5 mg/L, posteriormente se registró un incremento en otoño, y se presentó su máxima concentración en el invierno.

Durante el año (Figura 3), se registraron valores en la concentración de nitratos (N-NO₄) en intervalos menores que 1mg/L, mismos que se fueron incrementando ligeramente hacia el verano. Esta tendencia continuó durante el otoño, en el cual se observó un incremento importante, y culminó en invierno, donde se alcanzaron valores por encima de 4.5 mg/L. Los ortofosfatos (P-PO₄) variaron por arriba de 1.5 mg/L notándose una declinación en verano. En el otoño, los valores alcanzaron concentraciones superiores a 2.1 mg/L; en invierno

disminuyeron ligeramente. En cuanto al amonio ($N-NH_4$), los valores aumentaron paulatinamente, a partir del verano, hasta el invierno. Los nitritos ($N-NO_2$) se mantuvieron sin variaciones importantes.

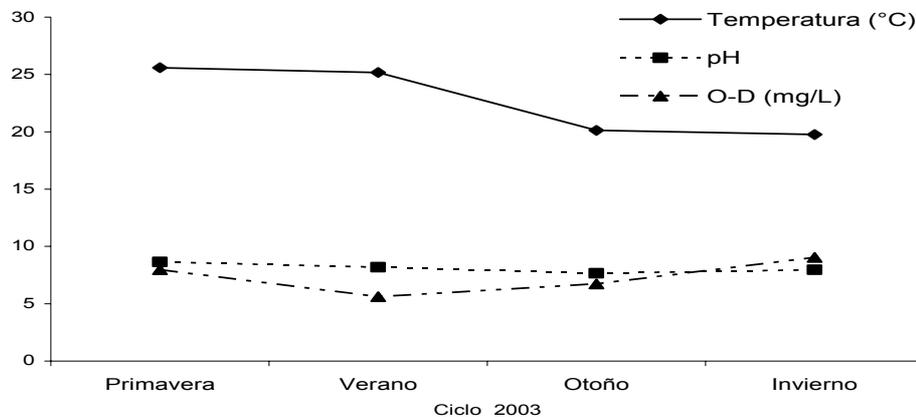


Figura 2. Variación espacio temporal de principales variables físico químicas en la laguna de Mora.

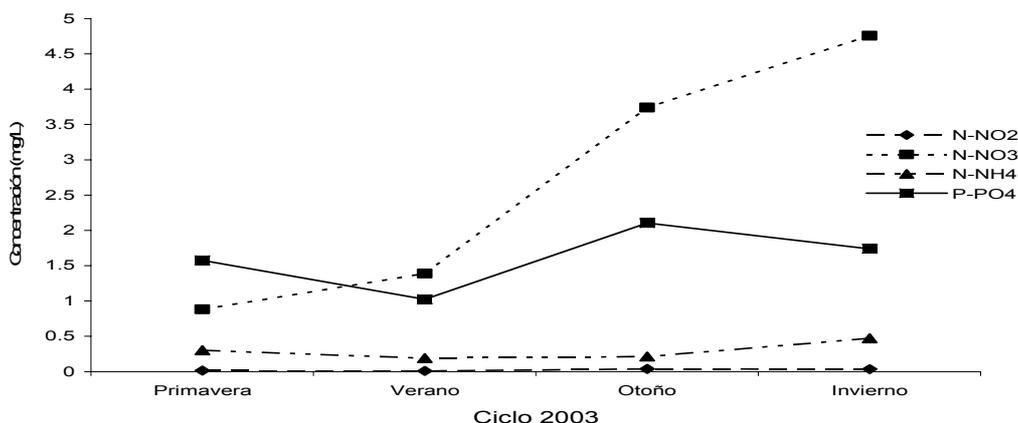


Figura 3. Variación espacio temporal de las sales inorgánicas del Nitrógeno y Fósforo.

Productividad Natural y metabolismo del sistema

Productividad Neta

El comportamiento de la clorofila (Figura 4) cuyo interés de estudio es el comportamiento de la clorofila a , muestra que en primavera se presentaron valores relativamente bajos (arriba de 2.0 mg/m^3), y se incrementaron en el verano, con valores de 6.6 mg/m^3 . Estas concentraciones disminuyeron, posteriormente, en otoño y un poco más en invierno, aunque permanecieron siempre por arriba de 2.0 mg/m^3 .

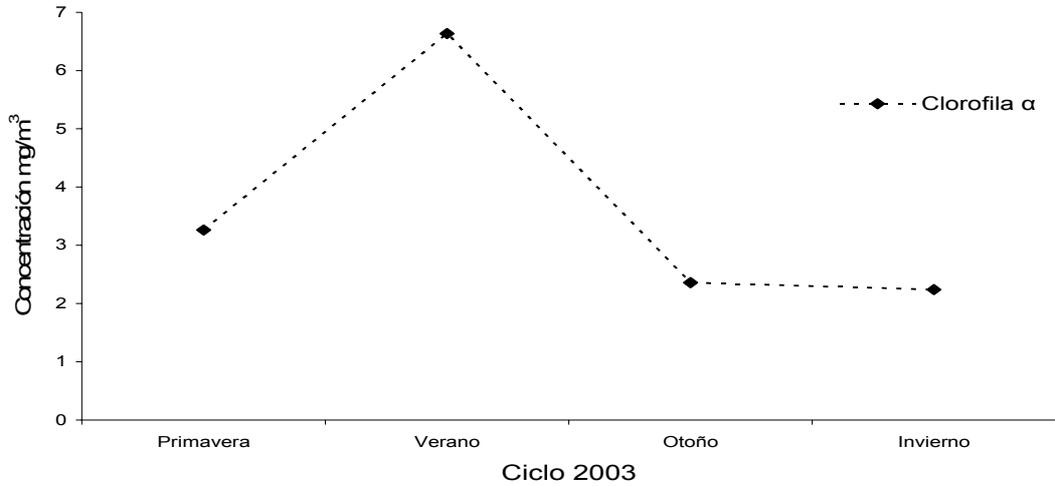


Figura 4. Variación espacio temporal de la concentración de clorofila a en la Laguna de Mora.

Composición y abundancia del zooplancton.

Tabla 1. Composición y Densidad de los grupos del zooplancton en la Laguna de Mora

Colonias de <i>Physarium</i>	7
Grupos zooplanctónicos	Densidad (Organismos/l.)
Rotíferos	
<i>Testudinella</i>	349
<i>Polyarthra</i>	19
<i>Gastropus</i>	5
Huevos	
Huevos de crustáceos	2
Huevos de otras especies	52
Copépodos	
<i>Cyclops</i>	79
Formas larvarias	
Nauplios	5
Peliveliger	47
Trocóforas de Gasterópodos	4
Larvas de Dípteros (<i>Chironomus</i>)	7
Poliquetos	2
Protozoarios	
<i>Tokoprya</i>	2
<i>Urocentrum</i>	130
<i>Cerathium</i>	2
Esporas de <i>Physarium</i>	14
<i>Sympetrum</i>	4

En la Tabla 1 se muestran los resultados de abundancia, en promedio anual, en la laguna de Mora, la mayor frecuencia la presentaron los rotíferos, con 373 organismos/L y, con menos frecuencia, los poliquetos con 2 organismos/L. También se encontraron huevos, algunas formas larvianas, esporas y colonias de *Physarium*, así como una cantidad importante de protozoarios, predominando el género *Urocentrum*; también se observa en esta tabla una cantidad importante de copépodos del género *Cyclops*, a razón de 79 organismos/L.

Potencial hidráulico

La laguna de Mora es un cuerpo de agua artificial cuyos aportes se reciben de cuatro nacimientos subterráneos y por aporte pluvial; el gasto de agua promedio durante todo el año fue de 19.2 L/s, En verano se presentó el máximo aporte de agua, debido a la época de lluvias; la profundidad máxima que se encontró fue 4.36 m en verano, en el mes de agosto y la mínima de 0.69 m en primavera en el mes de mayo.

El área total de la laguna en época seca fue de 1, 499, 476 m², en verano se incrementó a 2, 023, 680 m². Las corrientes de agua se manifestaron por la acción de los vientos, en dirección de los mismos, con una marcada dominancia hacia el sureste y en dirección de la salida a la compuerta de la laguna por la pendiente que ésta presenta.

Análisis estadísticos de los datos

Tabla 2. Valores promedio anual y desviación estándar de las variables evaluadas.

Variable	Media	Mínimo	Máximo
Temperatura	22.66 ± 2.87	18.80	29.60
pH	8.11 ± .72	6.37	12.50
O-D	7.91 ± 1.95	2.50	11.30
N-NO₂	0.02 ± 0.16	0.0	0.05
N-NO₃	2.08 ± 1.98	0.0	8.20
N-NH₄	0.29 ± 0.24	0.04	1.03
P-PO₄	1.61 ± 0.74	0.14	2.75
Clorofila a	3.62 ± 1.80	2.14	7.11

Tabla 3. Resumen de la prueba de medias ± desviación estándar en las diferentes estaciones del año para los factores analizados (Tukey 95%).

Factor	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Temperatura	25.58 ±1.27 a	25.18 ±0.80 a	20.12 ±0.41 b	19.77 ± 0.72 b
pH	8.64 ± 0.11 a	8.19 ±1.12 ab	7.66 ±0.50 b	7.96 ±0.28 b
O-D	7.96 ± 1.05 a	5.61 ± 1.40 c	6.74 ±0.48 b	9.04 ± 1.68 a
N-NO₂	0.01± 0.006 b	0.01 ± 0.01 b	0.04 ±0.01 a	0.36 ± 0.01 a
N-NO₃	0.88 ±0.51 c	1.39 ± 1.49 bc	3.74 ± 2.13 ab	2.32 ± 2.08 ab
N-NH₄	0.30 ±0.23 ab	0.19 ±0.19 b	0.21 ±0.13 b	0.47 ± 0.30 a
P-PO₄	1.57 ±0.39 ab	1.02 ±0.54 b	2.10 ± 0.54 a	1.74 ±0.96 a
Clorofila a	3.26 ± 0.16 b	6.63 ± 0.29 a	2.36 ± 0.08 c	2.24 ±0.06 c

Medias con diferente subíndice entre estaciones del año, son estadísticamente diferentes entre sí. $P < 0.05$. (Tukey HSD).

La Tabla 3 es un resumen de la comparación de medias de las variables analizadas, respecto a su comportamiento espacio temporal. Se encontraron diferencias significativas en el comportamiento estacional de todos los factores analizados.

Discusión

Evaluación de las condiciones hidrológicas del cuerpo de agua.

Análisis físico-químico y de calidad del agua. En relación con la variación espacio-temporal de las variables fisicoquímicas, durante el año, el comportamiento de la temperatura fue normal para la zona de estudio; generalmente se presentan mayores temperaturas, durante la primavera, que a la mitad del verano, esto debido a los intensos nublados y precipitaciones que se presentaron en el periodo lluvioso. El pH tuvo el valor más bajo, en otoño, sin embargo, su variación fue pequeña. Con respecto al oxígeno disuelto, se determinó claramente una declinación en verano, debido al incremento de la temperatura, por un lado, y, por otro, al incremento en la presencia de algas que generaron un consumo superior de oxígeno. Cabe destacar que en esta etapa del verano se presentó un "Bloom", debido al aporte de nutrientes por arrastre pluvial que permitió el desdoblamiento acelerado de las microalgas, factor que, aunado a los nublados persistentes en esa época, ocasionó un consumo de oxígeno hasta niveles de extinción. Este fenómeno se observó claramente durante el verano, seguido de una rápida recuperación en las siguientes estaciones. Durante el otoño, este efecto se observó en el sentido inverso, aumentando paulatinamente hasta el invierno, por lo que se infiere una mayor solubilidad del gas al tener bajas temperaturas. Los resultados que se encontraron de las variables fisico-químicas en el sistema lagunar pueden ser considerados aptos para el cultivo de tilapias durante la primavera, verano y otoño. Lo anterior coincide con lo descrito por diversos autores como, Boyd 1990, Morales 1991, Castillo 1994, Arredondo y Ponce 1998, Alamilla 2002; quienes encontraron, al igual que Philippart y Ruwet, (1982) y Atwood *et al.*, (2003), que el factor temperatura es una limitante para los cultivos por el bajo crecimiento que presenta la tilapia a temperaturas menores que 20 °C, por lo tanto es necesario descartar el cultivo durante el invierno.

Respecto a los nutrientes (Figura 3), se registraron valores en la concentración de nitratos (N-NO₄) con intervalos menores de 1mg/L, mismos que se incrementaron ligeramente hacia el verano. Este fenómeno coincidió con la presencia de una mayor tasa de producción de las microalgas, las cuales son sensibles a la presencia de condiciones favorables y responden, casi instantáneamente aumentando la productividad natural. Este fenómeno se observó de manera mas pronunciada durante el otoño, culminando en el invierno, donde la variación alcanzó valores por encima de 4.5 mg/L. En esta etapa, las menores intensidades de la luz y la baja actividad fotosintética de las microalgas pudieron ser la razón de la presencia de valores más altos de nitratos que los encontrados en verano (Figura 4).

Los ortofosfatos (P-PO₄) se registraron por encima de 1.5mg/l notándose una declinación en verano debida a la biodisposición por las microalgas que presentaron afloramientos en esta época (Figura 4). En el otoño los valores se incrementaron por encima de 2.1 mg/L, disminuyendo ligeramente en invierno; En cuanto al amonio (N-NH₄) los valores se incrementaron gradualmente a partir del verano hacia los periodos de primavera e invierno, debido a la acumulación de material orgánico por la disminución del aporte hidrológico y la acumulación de desechos metabólicos de los peces cultivados.

Los nitritos (N-NO₂) no mostraron variaciones importantes, probablemente debido a que existe en el sistema una adecuada actividad bacteriológica, que en presencia del oxígeno, actúa de forma efectiva, convirtiendo tanto el amonio (N-NH₄) como los nitritos (N-NO₂) en una forma del nitrógeno menos agresiva a los peces como son los nitratos (N-NO₃). Existe similitud en los resultados encontrados por Peña *et al.*, 2002 respecto al comportamiento de los nutrientes en la mayor parte de los sitios analizados en Aguamilpa. Los niveles encontrados de los nutrientes no representan un peligro para la producción de tilapia, las formas tóxicas de nitrógeno se encuentran en niveles aceptables para su cultivo (Haywood, 1983; Hagopian y Riley, 1998; Peña *et al.*, 2002).

Productividad Natural y metabolismo del sistema

Productividad primaria neta. En relación a la clorofila (Figura 4) cuyo interés de estudio nos remite al comportamiento de la clorofila alfa (a) podemos apreciar un importante concentración

en el verano, debido a una disponibilidad importante de nutrientes y condiciones físico químicas favorables para el desarrollo algal.

Analizando el comportamiento espacio temporal anual de los parámetros fisicoquímicos, nutrientes y clorofila "a" se puede apreciar la ocurrencia del "bloom" durante el verano; fenómeno íntimamente ligado al incremento de la temperatura y a la mayor disponibilidad de nutrientes, condiciones que son favorables para el desarrollo de las microalgas. Otro elemento que soporta éste fenómeno es el aumento en el consumo de O₂ en el agua por parte de la microalgas, factor que sumado a los recurrentes nublados que se presentaron, pueden explicar las concentraciones de oxígeno en niveles de extinción.

Existe poca información con respecto a la productividad natural en cuerpos de agua continentales, a nivel local, se han realizado algunos estudios sobre estos aspectos en el Embalse de Aguamilpa. Peña *et al.*, 2002, describe en sus resultados, condiciones mesotróficas del embalse y límites de variación ambiental apropiadas para el cultivo de tilapias aunque establece una serie de consideraciones de riesgo ambiental y de contaminación acuática. Es importante destacar que la laguna de Mora puede más bien considerarse un cuerpo de agua artificial y sus dimensiones y profundidad distan mucho de ser comparables con sistemas lénticos naturales como los anteriormente citados. De la Lanza, 1990; García y Castañeda, 1994 coinciden en que los sistemas oligotróficos se encuentran en el rango de 0.950 a 2.60mg/m³ de clorofila "a", los sistemas mesotróficos y eutróficos se encuentran por encima de estos valores, por lo que este sistema coincidiendo con los autores citados, se ubica dentro del estado mesotrófico. Otro aspecto importante es que cada sistema por sí mismo posee un metabolismo diferente, por lo que su comportamiento productivo puede ser comparado en lo general con otros aunque con la debida reserva.

Composición y abundancia de los grupos zooplanctónicos. La Composición que presentó el zooplancton en La Laguna de Mora se manifiesta por una importante abundancia de rotíferos, los cuales son característicos de un sistema eutrófico, pero que al combinar la presencia de éstos con otros factores como macrófitas, valores de nutrientes y concentraciones de clorofila presentes en el sistema nos puede indicar que se trata de un cuerpo de agua mesotrófico, coincidiendo con autores como Conde-Porcuna *et al.*, 2004, quienes mencionan que la presencia de rotíferos también puede deberse a la presencia no limitada de fósforo ya que dentro del zooplancton, éstos son más sensibles a la limitación de fósforo que los crustáceos, lo cual concuerda con lo también descrito por Morales-Baquero y Conde-Porcuna, 2000; Conde-Porcuna *et al.*, 2002. Los rotíferos juegan un papel fundamental en las cadenas tróficas pelágicas. Son un eslabón entre el fitoplancton y los consumidores secundarios, pero su importancia se acrecienta porque pueden transferir materia y energía desde bacterias y partículas detríticas de pequeño tamaño, que son recursos no utilizables por otros organismos planctónicos (Conde-Porcuna *et al.*, 2004), esto nos permite inferir que la presencia de estos organismos mantienen de cierta manera, el equilibrio trófico del sistema lagunar.

Potencial hidráulico

Las características que presenta La Laguna de Mora, sugiere que tiene un potencial hidráulico importante debido a que es alimentada por cuatro nacimientos de agua subterráneos que llenan el vaso de la Laguna, el aporte de agua por precipitación y el incremento del flujo de agua de los nacimientos, originan que en el verano se localice el mayor potencial hidráulico del año, el gasto se considera suficiente si se desea realizar un cultivo extensivo de tilapia (Wicki y Gromenida, 1997; Alamilla, 2002), para sugerir un cultivo semiintensivo o intensivo habría que invertir en sistemas de aireación, la experiencia adquirida con las condiciones que se presentaron durante el año, sobretudo el afloramiento en verano del fitoplancton que provocó bajas de oxígeno disuelto en el agua, son indicativos de tener cuidado con la intensificación sin el manejo y tecnología adecuada; por otra parte los fuertes vientos durante casi todo el año manifiestan corrientes importantes generadas por la acción de éstos, factor favorable para la importante presencia de oxígeno disuelto, la mayor profundidad de la Laguna se encuentra en la compuerta de salida (sitio 3) y la menor en la zona de alimentación de los ojos de agua (sitio 1).

Análisis estadístico de los datos

Según la prueba de Tukey de comparación de medias, la temperatura promedio durante las estaciones de primavera y verano no presentaron diferencias significativas. Lo mismo ocurrió entre el otoño e invierno.

Respecto al pH no se encontró variación significativamente diferente durante el verano, otoño e invierno. De igual manera con la primavera y el verano. Por otro lado, en el verano se observó interacción con la primavera como con el otoño e invierno, lo cual permite inferir una variabilidad mínima difícilmente considerada significativa en función de sus diferencias estadísticas.

El oxígeno disuelto (O.D.) no presentó diferencia entre las estaciones de primavera e invierno, no obstante, hubo diferencias significativas entre el otoño y el verano respecto a la primavera e invierno. Así mismo se observaron diferencias entre la estación de verano con el otoño y las demás estaciones del año. Con respecto al nitrito ($N-NO_2$), solo se presentaron dos grupos de significancia, uno durante la primavera y el verano sin diferencias y otro en el otoño e invierno, sin diferencia significativa. Respecto a esta variable las diferencias encontradas fueron realmente mínimas entre los dos grupos, por lo que sería difícil inferir diferencias significativas. Respecto al amonio ($N-NH_4$), durante el invierno se manifestó la mayor variabilidad con respecto a las demás estaciones del año. No se encontraron diferencias entre el verano y otoño, ni entre estas dos con respecto a la primavera. Se encontró igualdad entre las estaciones de primavera e invierno.

En los ortofosfatos ($P-PO_4$) no se observaron diferencias entre el otoño, invierno y primavera por lo que se consideraron estadísticamente iguales. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los valores de esta variable en la primavera y el verano.

En relación a la clorofila α , los valores encontrados durante el otoño e invierno, no presentaron diferencias significativas. Aunque el verano fue estadísticamente diferente respecto a las demás estaciones del año.

Se observó que al aumentar los valores de la temperatura disminuyeron los valores del Oxígeno Disuelto, $N-NO_2$, $N-NO_3$ y $P-PO_4$. Esta disminución en los factores mencionados coincide con un aumento de los valores de la Clorofila α , lo cual permite inferir bioasimilación de nutrientes por las microalgas y su reproducción masiva. En el caso del oxígeno disuelto, su disminución puede explicarse por la respiración de las microalgas en la fase oscura y por la disminución del porcentaje de saturación asociado al aumento de la temperatura del agua.

Los valores del pH tuvieron una relación inversa con los nitritos lo cual se debe probablemente a la conversión del nitrito en nitrato por oxidación.

Para el oxígeno se encontró una relación directa entre el aumento de las concentraciones de este gas y las de $N-NO_2$ y $N-NH_4$. y una relación indirecta con respecto a la clorofila "a". No obstante, se encontró que al aumentar los niveles de clorofila "a" se observó una disminución de $P-PO_4$ y $N-NO_2$.

El análisis de correlación entre variables nos indica también que el fitoplancton dependió en gran medida de los ortofosfatos y de los nitritos. Aparentemente no existe una fuerte dependencia de este con los nitratos; lo cual puede evidenciar la presencia de una intensa actividad bacteriana que en presencia de oxígeno mantuvo sin incrementos importantes los niveles de amonio durante casi todo el ciclo.

Bibliografía

1. ALAMILLA, H. "Cultivo de Tilapias". *ZOE Tecno Campo*. México: 2002. 16 p.
2. ARREDONDO F.J.L. y PONCE P.T.J. "Calidad del agua en acuicultura". *AGT Editor, S.A.* México, 1998. 222 pp.
3. ATWOOD, H.L.; TOMASSO J.R. Y GLATIN D.M. "Low-temperature tolerance of Nile

- tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors". *Aquaculture Research*. 2003, Vol. 34, 241-251
4. BAILEY D.S.; RAKOCY J.E.; MARTIN J.M. y SHULTZ R.C. "Intensive production of tilapia fingerlings recirculating system". In: *Proceeding of the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Rio de Janeiro, Brazil* (ed. by K. Fitzsimmons & J.C. Filho). 2000, pp. 328-333. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, Brazil.
 5. BASURTO, M. "Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la Tilapia nilotica (*Linneo*) en la Laguna de Chila, Veracruz". Tesis Profesional. Universidad del Noreste, Tampico, Tam. 1984.
 6. BOYD, Claude E. "Water Quality in ponds for aquaculture". Alabama Agricultural Experiment Station. 1990.
 7. BUCHE F.J. "Física General", Serie Schaum, novena edición. *Mc Graw Hill*. México, 2000. 570 p. ISBN 97-010-2385-4
 8. CASTILLO CAMPOS, L.F. "La historia genética e hibridación de la tilapia roja". *Comarpez Ltda*. Cali, Colombia. 1994.
 9. CHERVINSKI J. "Environmental physiology of tilapia". In: *The Biology and Culture of tilapia* (ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe McConnell), pp. 119-128. *ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for Living Aquatic Resources Management*, Manila, Philippines. 1982.
 10. CONDE-PORCUNA, J.M.; RAMOS-RODRÍGUEZ, E. y PÉREZ-MARTÍNEZ, C. "Correlations between nutrient limitation and zooplankton populations in a mesotrophic reservoir". *Freshwater Biology*. 2002, vol. 47: 1463-1473.
 11. CONDE-PORCUNA, J.M.; RAMOS-RODRÍGUEZ, E. y MORALES-BAQUERO, R. "El zooplancton como integrante en la estructura trófica de los sistemas acuáticos lénticos". *Ecosistemas*2004/2. 2004. Disponible en [URL:http://www.aeet.org/ecosistemas/042/investigacion3.htm](http://www.aeet.org/ecosistemas/042/investigacion3.htm)).
 12. CRUZ E.M. y RIDHA M. "Production of the tilapia *Oreochromis spilurus* Günter stocked at different densities in sea cages". *Aquaculture*. 1991, Vol. 99, 95-103.
 13. DE LA LANZA, E.J.G. "Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua". En: *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*. *IBUNAM*, 1990, 316 p. ISBN 968-36-1576-7
 14. DE LA LANZA, E.J.G. y CÁCERES, M.C. *Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 1994.
 15. DIANA J.S.; YI Y. y LIN C.K. "Stoking densities and fertilization regimens for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in ponds with supplemental feeding". In: *Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Manila, Philippines (ed. By R. Bolivar, G. Mair & K. Fitzsimmons). 2004, pp. 487-499. BFAR, Philippines.
 16. DÍAZ-PARDO, E.; VÁZQUEZ, G. y LÓPEZ-LÓPEZ, E. "The phytoplankton community as a bioindicator of health conditions of Atezca Lake, Mexico". *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 1998, Vol. 1: 257-266.
 17. GARCÍA-NAGAYA, A y CASTAÑEDA L.O.. "Hidrología, nutrientes y productividad primaria en dos sistemas costeros del estado de Chiapas, Méx." *Revista de Investigaciones Marinas*. 1994, Vol. 15-3: 171,190 pp.
 18. HAGOPIAN D.S. y RILEY J.G. "A Closer look at the bacteriology of nitrification". *Acuacultural Engineering*. 1998, Vol. 18: 223-244.
 19. HAYWOOD, G.P. "Ammonia Toxicity in Teleost Fishes: A Review. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences". No. 1177. *Department of Fisheries and Oceans*, Nanaimo, British Colombia, Canada. 1983, 35p.
 20. HERNÁNDEZ -AVILÉS, S. J.; GALINDO, de S. M. del C. y Loera, P.J. "Bordos o Macroembalses". En: *De la Lanza, E. G. y García, C. J. L. (Editores). Lagos y presas de México*. 2002, *AGT editor*, México. Pp 680.
 21. HOZ, Z. E. y DE LA LANZA, E. G. "Limnology and pollution of a small, shallow tropical water-body (jagüey) in North-East Mexico". *Lakes and Reservoirs: Research and Management*. 2000, Vol. 5: 249-260.
 22. JEFFREY, S.W. y HUMPHREY G.F. "New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b, C1 and C2 in algal phytoplankton and higher plants". *Biochim. Physiol. Pfanz*. B.P.P. 1975, Vol. 1967:191-194.
 23. MOLINA, A. F. I; QUIROZ, C. H.; GARCÍA, R. J. y DÍAZ, V. M. "Distribución vertical del plancton en un estanque rústico de producción piscícola en el Municipio de Cuautla, Morelos, México". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 2005. ISSN1695-11

7504. VI, (4). Disponible en [<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040405html>].
24. MORALES-BAQUERO, R. y CONDE-PORCUNA, J.M. "Effect of the catchment areas on the abundance of zooplankton in high mountain lakes of Sierra Nevada (Spain)". *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 2000. Vol. 27: 1-5.
 25. MORALES D.A. La Tilapia en México. *AGT Editores*, México, D.F. 1991.
 26. NEDHAM J.G. y NEEDHAM P.R. "Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces". *Editorial Reverté S.A.*, 1978, Barcelona España.
 27. NÚÑEZ-PASTÉN, A., R.; CORTÉS-ALTAMIRANO G. y PÉREZ-RODRÍGUEZ L. "Sistema de mallas sobrepuestas para la evaluación de zooplancton en estanques de cultivo para camarón". *Revista Ciencias del Mar, U.A.S.* 1992. Vol.12:27-30.
 28. PEÑA M.E.; PONCE P.J.T.; HERNÁNDEZ M.D.; CASTRO T.C. y TAPIA V.R. "Evaluación de los principales componentes de la productividad natural en el Embalse de Aguamilpa". *Memorias del congreso de investigación científica y tecnológica en Nayarít, México.* 2002. 10 pp.
 29. PHILIPPART J.C.L. y RUWET J.C.L. "Ecology and distribution of tilapias. In: The Biology and culture of tilapia" (ed. By R.S.V. Pullin & R.H. Lowe McConnell), 1982, pp. 15-59. *ICLARM Conference Proceedings 7.* Internacional Center for living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines.
 30. OUATTARA N.I.; TEUGELS G.G. y PHILIPPART J.C. "Aquaculture potencial of the blackchinned tilapia, *Sarotherodon melanotheron* (Chicliidae). Comparative study of the effect of stocking density on growth performance of land locked and natural populations under cage culture conditions in Lake Ayame (Cote d'Ivoire)". *Aquaculture Research.* 2003, Vol. 32: 1223-1229.
 31. QUIROZ, C. H.; MORA, Z. M. L.; MOLINA, A. I. y GARCÍA, R. J. "Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el Lago de Chapala, Jalisco, México". *Acta Universitaria.* 2004. Vol. 14(1): 47-57.
 32. QUIROZ, C.H.; SOLÍS, P.O.; GARCÍA, R.J.; MOLINA, A.F.I. y DÍAZ V. M. "Variación de Componentes fitoplanctónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en Norte del Estado de Guerrero, México". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*®, ISSN 1695- 7504, Vol. VII, nº 11, Noviembre/2006, Disponible en [<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>]
 33. RICHARDS, F.A. y THOMPSON T.G. "The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses". *J. Mar. Res.* 1952, Vol. 11:156-172.
 34. RIDHA, M.T. "Observations on the reproductive performance of three mouthbrooding tilapia species in low-salinity underground water". *Aquaculture Research.* 2004, Vol. 35: 1031-1038.
 35. RIDHA M.T. "Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities". *Aquaculture Research.* 2006, Vol. 37: 172-179.
 36. ROSAS, A. I.; VELASCO, R.; BELMONT, A., BAEZ y MARTÍNEZ, A. The algal community as an indicator of the trophic status of lake Patzcuaro, Mexico. *Environmental Pollution.* 1993, Vol. 80: 255-264.
 37. RUIZ VELAZCO, A. J. M. J.; TAPIA V. R.; GARCÍA P. J. R. y GONZÁLEZ V. H. "Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales". *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*®, ISSN 1695-7504, Vol. VII, nº 11, Noviembre/2006. Disponible en [<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>]
 38. SAS, Paquete estadístico (SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA), 2003.
 39. STEEDMAN, H.F. "General and applied data on formaldehyde fixation and preservation of marine zooplankton. In: Zooplankton fixation and preservation". (H.F. Steedman, ed.), *UNESCO Press*, Paris. 1976, pp. 103-154.
 40. STRICKLAND, J.D.H y PARSONS, T.R. "A practical Handbook of Seawater Analysis". *Fisheries Research Board of Canada.* Ottawa, CA. 1972, 310 pp.
 41. WICKI, G. y GROMENIDA, N. "Estudio de desarrollo y producción de tilapia". *Secretaría de agricultura, pesca y alimentación, Subsecretaría de Pesca; Buenos Aires, Argentina.* 1997.
 42. YI Y., LIN C.K. y DIANA J.S. "Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages". *Aquaculture.* 1996, Vol.146: 205-215.