

**FUNDACIÓN
PRODUCE**
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SAGARPA



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA

INVESTIGACIÓN EN PRESAS DE SINALOA

Calidad del agua y bacterias presentes en tilapia cultivada

Sonia Soto Rodríguez

COLECCIÓN



RESULTADOS DE PROYECTOS

INVESTIGACIÓN EN PRESAS DE SINALOA

**Calidad del agua y
bacterias presentes en
tilapia cultivada**

Sonia Soto Rodríguez¹

Índice

INTRODUCCIÓN.....	7
Cultivo de tilapia en México.....	8
Crecimiento desordenado en Sinaloa.....	8
Carecen granjas mexicanas de protocolos sanitarios mínimos..	8
Una especie estresada es susceptible a enfermedades.....	9
Factores de riesgo para el cultivo de tilapia.....	10
METODOLOGÍA APLICADA.....	10
Ubicación de los sitios de muestreo.....	10
Medición de variables fisicoquímicas y muestreo de campo....	10
Análisis bacteriológico de tilapia.....	12
Análisis de datos.....	14
RESULTADOS.....	15
Medición de variables fisicoquímicas y muestreo de campo....	15
Análisis bacteriológico de tilapias.....	17
CONCLUSIONES.....	18
Riesgo de brote epidémico.....	18
Calidad del agua.....	18
ANEXOS.....	20
BIBLIOGRAFÍA.....	29

INTRODUCCIÓN

En este folleto se presentan los resultados del proyecto *Determinación de las variables fisicoquímicas del agua y presencia de bacterias en la tilapia cultivada en los embalses de Sinaloa*, apoyado por Fundación Produce Sinaloa, A. C., en el ejercicio 2008-2009, que muestran que la principal causa de mortalidad de tilapias cultivadas es, probablemente, la presencia de bacterias en el agua.

Para llegar a estos resultados se realizó el primer estudio sistemático de monitoreo de la calidad del agua en el cultivo de tilapia en Sinaloa, que sienta las bases de las condiciones de calidad del agua en jaulas de producción, y no sólo del cuerpo de agua, para posteriores estudios.

A través del proyecto se determinaron ocho características fisicoquímicas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos y alcalinidad) en el agua de las jaulas de las presas Adolfo López Mateos (Badiraguato), Sanaloa (Culiacán), El Salto (Elota) y Dique IV (Mazatlán). Con esto se tiene un registro completo de la calidad del agua de estas granjas.

Estos datos se utilizan para identificar las condiciones de estrés que pueden padecer los organismos cultivados, lo que servirá para tomar medidas preventivas y evitar mortalidades, debido a que cuando las tilapias se encuentran en estrés son susceptibles a contraer enfermedades por bacterias.

La investigación también identificó, a nivel de género y especie, las bacterias que representan un peligro potencial para crear enfermedades en tilapias bajo condiciones de estrés.

Las bajas en producción de tilapia por enfermedades bacterianas constituyen un riesgo para la sustentabilidad de este cultivo. Estimaciones recientes del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN) indican que existen pérdidas de 50% en cosecha por mortalidades causadas por bacterias patógenas, lo que representa (de acuerdo con cifras oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) unas 3 mil toneladas de producción de tilapia, con un valor promedio de 54 millones de pesos.

Cultivo de tilapia en México

Tilapia es el nombre común que se le da a un pez originario de África, que pertenece a la familia *Cichlidae*.

Este pez se desarrolla de manera óptima entre los 20 y 35 °C, se adapta fácilmente a las condiciones de los cuerpos de agua dulce e incluso a hábitats marinos.

A nivel mundial, la producción de tilapia ha tenido un crecimiento dinámico debido, en gran parte, a la obtención de especies por acuicultura², técnica que entre 2002 y 2004 creció 10.9% anualmente en promedio y sólo para 2004 representó el 74% de la producción total de este pez.

A partir de 1978 se introdujeron a México las especies *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum* (procedentes de Panamá, Estados Unidos y Escocia, respectivamente) con las que se implementaron los primeros programas de reproducción controlada en jaulas flotantes.

En México se cultivan *O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. aureus* e híbridos de *Oreochromis* spp. en estanques y jaulas flotantes. Con este último método se obtiene más del 90% de la producción de tilapia en el país. Sinaloa ocupa el tercer lugar a nivel nacional en la implementación de esta técnica.

Crecimiento desordenado en Sinaloa

En Sinaloa, la instalación de nuevas granjas de tilapia ha tenido un crecimiento desordenado. Ante esto es necesario un desarrollo estructurado que garantice la producción y sustentabilidad a largo plazo; aún así, nuestro estado se ha mantenido con una producción sostenida de casi 6 mil toneladas de tilapia al año, lo que lo ubica en el tercer lugar a nivel nacional, en este rubro.

En Sinaloa, la tilapia se cultiva en estanquería rústica, tanques de concreto y de geomembranas y en jaulas flotantes en presas.

Sinaloa tiene un potencial de cultivo de 74 mil hectáreas de embalses naturales. En las presas Sanalona (Culiacán); Adolfo López Mateos (Badiraguato) y El Salto (Elota), el medio que se utiliza para producción de tilapia es, principalmente, el de jaulas flotantes.

Carecen granjas mexicanas de protocolos³ sanitarios mínimos

De acuerdo con la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, por sus siglas en inglés), para el control de la salud en peces cultivados se requiere de la evaluación del estatus de salud de los animales con

² Cultivo de animales y plantas acuáticos.

³ Conjunto de reglas que deben ser respetadas para que pueda ser realizado un proceso.

métodos estandarizados. También es necesario mantener la calidad del agua, ya que si ésta carece de buena condición puede influir en la proliferación de patógenos oportunistas y provocar un brote infeccioso en los peces.

Sin embargo, en la mayoría de las granjas de tilapia de México no se aplican los protocolos sanitarios mínimos que garanticen el éxito del cultivo, por lo que se presentan enfermedades y se afecta la producción.

La tilapia estresada es susceptible a enfermedades

La intensificación de los sistemas de producción de tilapia deteriora la calidad del agua que, aunado al manejo que realizan los piscicultores, ocasiona estrés a la especie, lo que afecta su sistema inmunológico, por lo que se vuelve más susceptible a las enfermedades infecciosas.

Las enfermedades bacterianas causadas por patógenos oportunistas⁴ se encuentran entre las más peligrosas para la tilapia cultivada. El síndrome de la septicemia hemorrágica bacteriana ha causado pérdidas del 5 al 100% en tilapias cultivadas en agua dulce y salobre. Los agentes que provocan esta enfermedad en tilapias bajo condiciones de estrés son patógenos oportunistas como *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Pasteurella multocida*, *Pseudomonas fluorescens* y *Vibrio* spp.

Por su parte, la estreptococosis es una enfermedad producida por *Streptococcus* sp. Esta enfermedad es considerada un peligro real para los productores de aguas tropicales y en especial para el cultivo intensivo⁵ de tilapia, donde las mortalidades pueden alcanzar el 75% de la población.

En Sinaloa, el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Mazatlán ha identificado presuntamente en muestreos del 2007 a *Streptococcus* spp. en tilapias cultivadas en jaulas, lo que es una preocupación debido a que la enfermedad que provoca este patógeno puede transmitirse de peces a humanos.

Otra enfermedad considerada entre las más peligrosas por la alta tasa de mortalidad que provoca alrededor del mundo en la tilapia cultivada es la estafilococosis, producida por *Staphylococcus* sp (que también ha sido detectado por CIAD Mazatlán en tilapias cultivadas en jaulas). La vibriosis, causada por cepas⁶ de *Vibrio vulnificus*, *V. mimicus* y *V. harveyi*, también se ha asociado a mortalidades de tilapia cultivada.

Si bien se ha considerado a la tilapia como una especie muy resistente a enfermedades, se han registrado problemas importantes en empresas mexicanas procesadoras (como Piscimex) y en los cultivos en

⁴ Organismo infeccioso que provoca una enfermedad en una especie con sistema inmunológico susceptible.

⁵ Cultivo continuo de un área sin que medie un periodo de descanso que le permita recuperar sus nutrientes. El resultado del cultivo intensivo es el empobrecimiento del área, pues todos sus nutrientes son absorbidos por la especie que en ella se produce.

⁶ Grupo de organismos emparentados.

jaulas de Sinaloa por infecciones microbianas y virales, que aunque la mayoría de estas enfermedades no son un riesgo directo para la salud humana, sí influyen negativamente en la comerciabilidad del producto y la confianza del consumidor.

Factores de riesgo para el cultivo de tilapia

Los principales factores que pueden afectar el desarrollo sustentable del cultivo de tilapia en México y Sinaloa es la posibilidad de enfrentar enfermedades infecciosas por una deficiencia en la calidad del agua y la recurrente mortalidad masiva de peces que se presenta en este sistema de producción año con año, en total desconocimiento de sus causas.

Como una forma de abordar esta problemática, desde 2007 el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., Mazatlán implementó junto con el Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN) un programa de monitoreo sanitario en algunas presas de Sinaloa.

METODOLOGÍA APLICADA

Ubicación de los sitios de muestreo

Para conocer datos sobre las presas sinaloenses Adolfo López Mateos (Badiraguato), Presa Sanalona (Culiacán), Presa El Salto (Elota) y Dique IV (Mazatlán) se revisó información bibliográfica, de donde se obtuvo la capacidad en metros cúbicos de los embalses, su ubicación geográfica, dimensión, precipitación pluvial promedio, antecedentes de mortalidad de tilapia en granjas, interés de los propietarios en permitir que se muestrearan sus granjas, interés ambiental y planes gubernamentales de desarrollo implementados.

En enero de 2009 se realizaron visitas de exploración a los embalses para verificar la situación de siembra de tilapia en jaulas, número de granjas instaladas, total de jaulas, disponibilidad de los cooperativistas y se seleccionaron las granjas para los muestreos de agua y peces. Se establecieron cuatro puntos de muestreo para agua (Adolfo López Mateos, Sanalona, Dique IV y El Salto) y tres para tilapia (Adolfo López Mateos, Sanalona y Dique IV), donde se descartó El Salto porque no sembró tilapia en éste ciclo de cultivo. Ver Fotografía 1.

Medición de variables fisicoquímicas y muestreo de campo

Una vez ubicados los sitios de muestreo, personal técnico del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN) se trasladó cada 15 días a las presas (con un oxímetro⁷ YSI 55 y un potenciómetro⁸) para realizar mediciones de temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua. Una persona permaneció en campo durante 24 horas, en este lapso

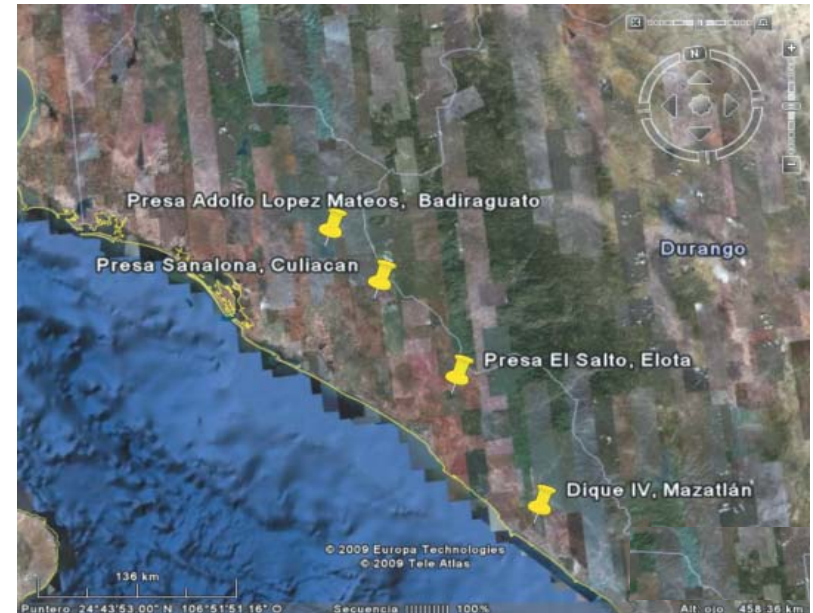
⁷Dispositivo que mide la cantidad de oxígeno en determinado medio.

⁸Aparato que mide la acidez o alcalinidad de una muestra de agua.

realizó mediciones cada seis horas. Este proceso se desarrolló del 6 de febrero al 26 de mayo de 2009 (Fotografías 2 y 3).

Sólo en el Dique IV, por la cercanía del embalse, se realizó diariamente la medición de temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua.

Para la cuantificación de amonio total, nitritos, nitratos, fosfatos y alcalinidad se tomaron 500 mililitros de agua de cada sitio de muestreo



Fotografía 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo de agua y tilapia cultivada en jaulas en presas de Sinaloa.



Fotografía 2. Medición de temperatura, oxígeno disuelto y pH en el agua de jaulas monitoreadas.



Fotografía 3. Recolección de una muestra de agua para medir sus propiedades fisicoquímicas.

y se llevaron al laboratorio de calidad de agua del CESASIN. Todas las determinaciones fisicoquímicas se realizaron de acuerdo a metodologías estandarizadas para análisis de calidad de agua.

Dependiendo de la etapa del cultivo de tilapia, se recolectaron 15 alevines⁹ o 10 juveniles o adultos. Éstos se transportaron vivos al Laboratorio de Bacteriología del CIAD-Mazatlán, donde se realizaron los análisis bacteriológicos. Adicionalmente, se registró la supervivencia de peces, mortalidad, alimento y aplicación de antibióticos de las granjas que proporcionaron información.

En los mismos sitios donde se tomaron las muestras de agua, personal técnico del CESASIN recolectó mensualmente tres muestras de tilapia para los análisis bacteriológicos (Fotografía 4).

Análisis bacteriológico de tilapia

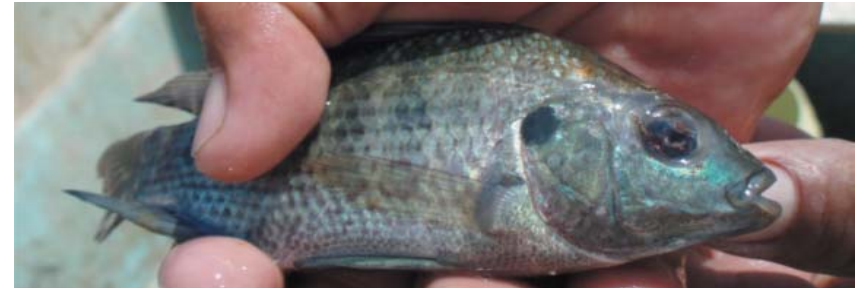
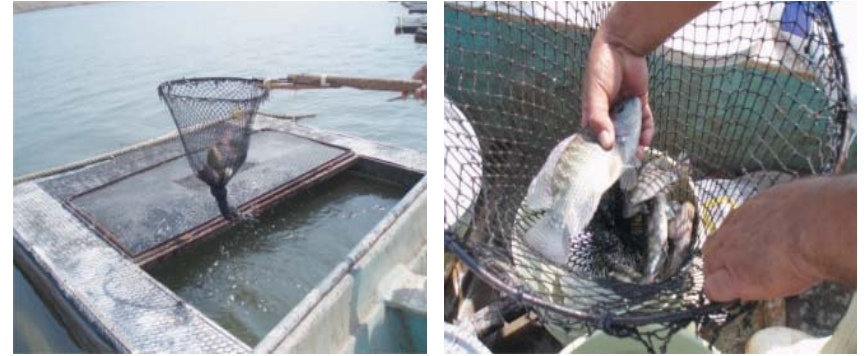
Para realizar el análisis bacteriológico fue necesario trasladar a las tilapias al Laboratorio de Bacteriología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Mazatlán, en bolsas de agua con suministro de oxígeno, en hieleras.

Cada organismo se pesó y se llevó un registro de las características macroscópicas¹⁰. Se puso especial atención en peces con historial de problemas de mortalidad en granja. Cada tilapia se analizó en una campana de flujo laminar bajo condiciones de esterilidad (Fotografía 5), se tomaron muestras mediante asa bacteriológica de riñón, hígado, bazo, cerebro y lesiones. Las muestras se sembraron en medios bacteriológicos generales y selectivos.

Se emplearon los siguientes medios bacteriológicos: TSA (*Trypticase Soy Agar*) más 0.5% de glucosa, BHI (*Brain Heart Infusion*) agar

⁹ Peces de tamaño pequeño y poca edad que están listos para sembrarse. También se les llama semilla.

¹⁰ Que se ve a simple vista, sin auxilio del microscopio.



Fotografía 4. Recolección de tilapias de las jaulas monitoreadas, selección de los organismos y acondicionamiento para su transporte en vivo al Laboratorio de Bacteriología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Mazatlán.



Fotografía 5. Pesado de una tilapia que será analizada bajo condiciones de esterilidad.

con 5% de sangre ovina (selectivo para el aislamiento de *Aeromonas hydrophila*, *Staphylococcus* sp. y *Streptococcus* sp.), McConkey, GSP y TCBS. Las placas se incubaron a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 y 48 horas.

Se aislaron de dos a tres cepas de cada medio inoculado¹¹ y se aplicó la tinción de Gram¹² a cada inóculo bacteriano, se le analizó bajo microscopio y se registró el tipo, forma y agregación de las células bacterianas.

De cada placa de TSA inoculada se tomó material de las diferentes colonias bacterianas, distinguidas éstas por su forma, color, consistencia o por cualquier otra característica que la diferenciara de las demás.

Un representante de cada colonia fue aislado en TSA, éstos fueron usados para la identificación taxonómica, mediante el estudio de sus características fenotípicas¹³, basados fundamentalmente en las pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias indicadas en Austin y Austin, 1993; Cowan *et al.* (1993); y Holt *et al.* (1994). Asimismo se seleccionaron representantes de cada especie aislada e identificada por sus características fenotípicas específicas, para someterlas a reconoci-



Fotografía 6. Toma de muestras e inoculación de los órganos de tilapia en medios bacteriológicos.

miento por el Sistema de Identificación API 20E (Fotografía 6).

La identificación a nivel de especie se aplicó sólo para el reconocimiento de bacterias que fueron aisladas de brotes epidémicos recurrentes en las granjas de tilapia (Fotografía 7).

Análisis de datos

Con los resultados de los exámenes fisicoquímicos del agua de las presas y análisis bacteriológicos de las tilapias cultivadas se formó una base de datos en el programa Excel. Se obtuvieron los promedios por mes, muestreo y por sitio de muestreo. Se elaboró un registro por

¹¹ Inóculo: Muestra de donde se obtiene un crecimiento bacteriano.

¹² Tipo de tinción diferencial empleada en microbiología para la visualización de bacterias. También se le llama coloración Gram.

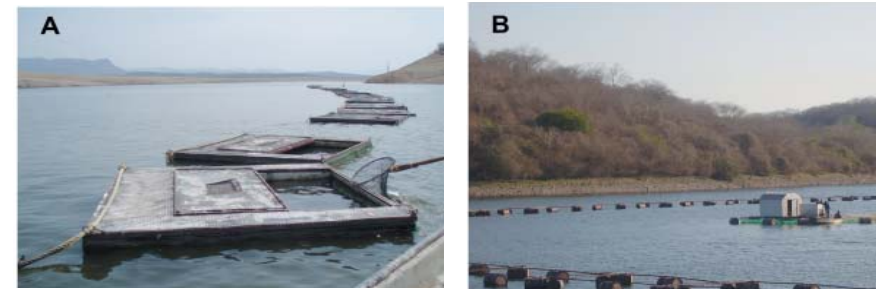
¹³ De fenotipo: conjunto de caracteres visibles que un organismo presenta como resultado de la interacción del conjunto de sus genes y el ambiente.



Fotografía 7. Identificación bioquímica, mediante el sistema API 20E, de cepas bacterianas aisladas de tilapias cultivadas en jaulas.

muestreo en cuanto a características de cada pez, crecimiento de cada órgano, medio bacteriológico, identificación presuntiva y se calculó la prevalencia bacteriana encontrada por género o especie.

Posteriormente, para correlacionar cada propiedad fisicoquímica del agua y la prevalencia de cada agente patógeno por muestra de tilapia, cada mes se aplicó un método de análisis multivariado¹⁴.



Fotografía 8. Módulos de jaulas flotantes donde se cultiva tilapia en Sinaloa. Jaulas en la Presa Sanalona (A) y Dique IV (B).

RESULTADOS

Los datos obtenidos sobre las presas donde se efectuaron los muestreos de agua (Adolfo López Mateos, Sanalona, El Salto y Dique IV) se observan en el Cuadro 1 (ver Anexos).

Medición de variables fisicoquímicas y muestreo de campo

De febrero a mayo de 2009 se midió en campo la temperatura, oxígeno disuelto y pH del agua cada 12 horas y se tomaron muestras de agua cada 15 días para los análisis de amonio total, nitritos, nitratos, fosfatos y alcalinidad. Los análisis se realizaron en el laboratorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa (CESASIN), en Culiacán, Sinaloa.

Al final de la investigación se obtuvieron 3 mil 583 análisis (405 mediciones para febrero, mil 102 para marzo, mil 55 para abril y mil 21 para mayo de 2009).

La temperatura promedio de las cuatro presas muestreadas osciló entre $22.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Presa Sanalona, en febrero de 2009) y $29.99\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Dique IV, en mayo de 2009). La temperatura aumentó conforme avanzaron

¹⁴ Análisis simultáneo de dos o más variables.

los meses, con un cambio drástico de abril a mayo (ver Cuadro 2, en Anexos). El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la tilapia en México es de 28 a 32 °C, si bien a un nivel de 22 °C las especies sobreviven, se mantienen en estrés constante.

El oxígeno disuelto se mantuvo entre 3.68 y 6.97 miligramos por litro (Figura 1, ver Anexos), cifras que están dentro del rango óptimo para el crecimiento de tilapia. En el Dique IV, esta variable alcanzó la concentración más alta en abril de 2009 (ver Cuadro 2, en Anexos).

En cuanto a pH, éste permaneció por arriba de 7 para las presas Sanalona, Adolfo López Mateos y El Salto. Este parámetro en el Dique IV mantuvo valores muy altos (arriba de 8.1, que se considera elevado porque el rango óptimo de este indicador para el cultivo de tilapia oscila entre 7 y 7.5).

Los valores por encima del pH ideal (7.5) en Dique IV se pueden deber a que las aguas de este embalse casi siempre están con una alta productividad de microalgas, lo que incrementa el parámetro.

Los valores de amonio fueron menores de 0.1 miligramos por litro y los de nitritos estuvieron por debajo de 0.01 miligramos por litro, ambos parámetros están dentro del rango óptimo (ver Figura 2, en Anexos).

En cuanto a la alcalinidad del agua, los valores más bajos se registraron en la Presa Adolfo López Mateos (de 77 a 89 miligramos por litro, en promedio) y los más altos en El Salto (de 140 a 154 miligramos por litro, en promedio).

En términos generales, los parámetros de calidad del agua de las cuatro presas muestreadas se mantuvieron dentro de los límites aceptables de calidad para el cultivo de tilapia.

Las variaciones diurnas de temperatura y oxígeno disuelto del mes más frío (febrero) y caliente (mayo) en las presas donde se cultiva tilapia muestran que la concentración de oxígeno más baja se presenta a las 9:00 a. m. (Figura 3, ver Anexos).

En cambio, las jaulas de la Presa Sanalona presentaron la concentración de oxígeno más baja de 3:00 a 6:00 a. m. (Figura 4, ver Anexos).

Para el embalse Dique IV las temperaturas más altas se observaron entre 12:00 y 6:00 p. m., y el oxígeno más elevado a las 6:00 a. m. (ver Figura 5, en anexos).

Para mayo de 2009, el oxígeno de las jaulas de la Presa Adolfo López Mateos presentó un comportamiento variado, lo que dependió de la fecha de muestreo (Figura 6, ver Anexos). Mientras que en las jaulas de la Presa Sanalona la menor concentración de oxígeno se presentó a las 9:00 a. m. Estos resultados indican que las variaciones en la concentración de oxígeno obedecen a las condiciones del cultivo, como densidad, alimentación y limpieza de las jaulas, que son particulares para cada granja de tilapia.

Análisis bacteriológico de tilapias

De las presas Sanalona, Adolfo López Mateos y Dique IV, cada mes (de febrero a mayo de 2009) se tomaron muestras de tilapia que se trasladaron al Laboratorio de Bacteriología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Mazatlán. Se recolectaron todas las tallas de tilapias cultivadas, desde 20 hasta 380 gramos. Durante el estudio se procesaron 225 tilapias.

Cada muestra de peces se mantuvo con suficiente aireación y en fresco para evitar la proliferación de bacterias posmuestreo.

Los organismos analizados presentaron desde una apariencia normal hasta signos de enfermedad, como descamación, ojos saltados (exoftalmia), rojos u opacos, nado errático, cola necrosada, branquias y piel oscuras. Las lesiones se presentaron principalmente en la epidermis (descamación), aletas y ojos.

En el Cuadro 3 (ver Anexos) se observan los signos de enfermedad en tilapia, provocados por organismos bacterianos encontrados durante el muestreo.

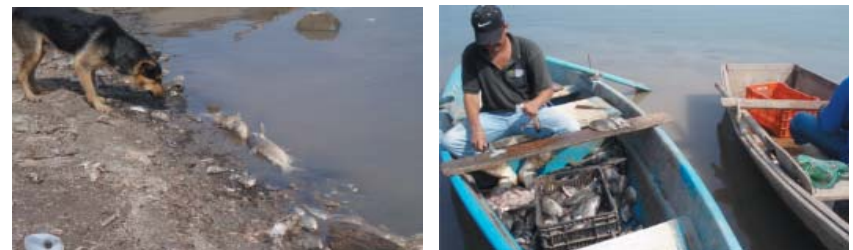
El tipo de bacterias predominantes en bazo, cerebro, riñón, hígado y lesiones fueron *Enterobacter* spp., *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* spp. y *Proteus* sp.

De las bacterias potencialmente patógenas para la tilapia cultivada bajo condiciones de estrés se encontró a *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila* y a *Staphylococcus* sp.

La prevalencia de los géneros bacterianos encontrados en las tilapias muestreadas oscilaron entre 1.8 y 29.8% (Cuadro 4, ver Anexos). Una prevalencia mayor al 5% es considerada como peligro de brote epidémico para los organismos cultivados.

Se debe destacar la prevalencia tan alta de bacterias de origen entérico¹⁵, como *Enterobacter* sp., *Alcaligenes* sp., *Proteus* sp. y *Salmonella* sp., esta última considerada como altamente peligrosa para la salud humana.

La presencia de estas bacterias se atribuye a las descargas fecales de los poblados cercanos a las granjas y a los desechos del fileteado que arrojan los pescadores en los embalses (Fotografía 9).



Fotografía 9. Los desechos que arrojan pescadores son fuente de contaminación de bacterias entéricas.

¹⁵ Perteneiente o relativo a los intestinos.

CONCLUSIONES

Riesgo de brote epidémico

Los resultados del proyecto *Determinación de las variables fisicoquímicas del agua y presencia de bacterias en la tilapia cultivada en los embalses de Sinaloa* indican que existe riesgo de brote epidemiológico en la producción de tilapia en las presas Adolfo López Mateos (Badiraguato), Sanaloa (Culiacán) y Dique IV (Mazatlán) Sinaloa, por la prevalencia de 14 géneros bacterianos potencialmente patógenos encontrados en 225 muestras del pez.

Aeromonas hydrophila, *Micrococcus* spp., *Plesiomonas shigelloides*, *Pseudomonas* sp., *Salmonella* sp., *Pseudomonas aeruginosa/fluorescens*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus* spp. y *Proteus vulgaris* son los organismos patógenos que pueden provocar un brote epidémico, ya que tienen una presencia mayor de 5% en las tilapias muestreadas. Una prevalencia superior al 5% se considera riesgo de brote epidémico.

Se considera que los géneros *Enterobacter cloacae*, *Proteus vulgaris*, *Salmonella* sp. y *Alcaligenes fecalis* son un indicativo de contaminación de origen fecal, procedente de poblados vecinos a las presas y de animales domésticos.

Con estos resultados se prevé que si no se toman las medidas sanitarias preventivas se corre el riesgo de que las autoridades cierren las presas a la pesca y acuicultura.

Ante esta situación, los productores deben tomar conciencia de las medidas que tienen que aplicar durante el cultivo, como disminuir el estrés por manejo, realizar precosechas y monitorear la condición de salud de los peces para aplicar los tratamientos antibióticos con oportunidad y prevenir enfermedades que desencadenan mortalidades.

Calidad del agua

Al final de la investigación se tienen 3 mil 583 análisis físicoquímicos del agua de las jaulas donde se cultiva tilapia de los embalses Adolfo López Mateos (Badiraguato), Sanalona (Culiacán), El Salto (Elota) y Dique IV (Mazatlán). Los análisis se realizaron en base a las muestras recolectadas entre febrero y mayo de 2009 (ver Cuadro 2, en Anexos).

Estos exámenes indican que los valores de amonio (en su mayoría abajo de 0.1 miligramos por litro de agua) y nitritos (menores a 0.01 miligramos por litro de agua) están dentro del rango óptimo para el buen desarrollo de tilapias en cultivo.

En cuanto a alcalinidad, los valores más bajos fueron de 77 miligramos por litro y lo más altos de 164 miligramos por litro de agua.

En las presas Sanalona, Adolfo López Mateos y El Salto, el pH permaneció en la mayoría de los muestreos dentro de su rango ideal para la producción de tilapia (entre 7 y 7.5), sólo en Dique IV presentó valores muy altos (arriba de 8.1), que pudiera ser riesgoso para el cultivo.

En lo que respecta a temperatura del agua, ésta osciló entre 22.44 y 29.99 °C. Si el rango óptimo para el cultivo de tilapia es de 28 a 32 °C, sólo en mayo de 2009 el parámetro presentó los valores ideales, de 28.60 a 29.99 °C.

Otra variable fisicoquímica que se estudió fue el oxígeno disuelto en el agua; parámetro que osciló entre 3.68 y 6.97 miligramos por litro, valores que están dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de tilapia.

ANEXOS

Cuadro 1. Características de las granjas muestreadas que cultivan tilapia en jaulas flotantes.

Unidad de producción piscícola	Municipio	Sistema	Nombre del cuerpo de agua	Jaulas	Dimensiones de jaulas
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera El Varejonal	Badiraguato	Intensivo	Presa Adolfo López Mateos	40	2.4 por 2.4 por 2 metros
Sociedad Cooperativa de Producción Acuícola y Pesquera de Piscicultores del Noroeste	Badiraguato	Intensivo	Presa Adolfo López Mateos	84	69 jaulas de 6 por 6 por 2.5 metros y 15 de 2.4 por 2.4 por 1.20 metros
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Adolfo López Mateos S. C. de R. L.	Badiraguato	Intensivo	Presa Adolfo López Mateos	30	20 jaulas de 6 por 6 por 2 metros y 10 de 2.4 por 2.4 por 2 metros
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Sanalona S. C. L.	Culiacán	Intensivo	Presa Sanalona	26	2.4 por 2.4 por 1.5 metros
Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Paredón Colorado	Elota	Inactiva	Presa Bernardo Benancines (El Salto)	10	2.4 por 2.4 por 1.5 metros
Productores de Especies Acuáticas S. A. de C. V.	Mazatlán	Intensivo	Dique IV	50	6 por 6 por 2.5 metros

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos del agua de las jaulas donde se cultiva tilapia en presas de Sinaloa, medidos de febrero a mayo de 2009.

		Febrero de 2009		Marzo de 2009		Abril de 2009		Mayo de 2009	
		Prom	SD	Prom	SD	Prom	SD	Prom	SD
Sanalona	Temp. °C	22.44	0.43	24.73	0.66	25.52	1.04	28.60	0.76
	Oxígeno mg/L **	6.32	0.89	4.84	1.37	4.40	1.01	4.72	1.36
	pH	7.64	0.08	7.65	0.05	7.03	0.08	6.93	0.44
	Amonio mg/L	0.040	0.014	0.090	0.033	0.047	0.008	0.053	0.030
	Nitritos mg/L	0.006	0.000	0.005	0.001	0.010	0.001	0.009	0.003
	Nitratos mg/L	0.300	0.000	0.270	0.048	0.378	0.055	0.456	0.053
	Fosfatos mg/L	0.274	0.093	0.292	0.100	0.464	0.090	0.663	0.143
Alcalinidad mg/L			99.00	23.31	128.89	30.18	157.78	29.06	
Adolfo López Mateos	Temp. °C	23.28	0.73	24.26	0.52	24.74	0.91	27.37	1.27
	Oxígeno mg/L	6.14	1.00	6.28	0.64	5.96	0.59	6.42	0.38
	pH	7.46	0.56	7.67	0.12	7.49	0.14	7.09	0.22
	Amonio mg/L	0.037	0.013	0.028	0.022	0.054	0.023	0.036	0.025
	Nitritos mg/L	0.004	0.001	0.002	0.002	0.004	0.001	0.004	0.003
	Nitratos mg/L	0.278	0.044	0.210	0.074	0.280	0.063	0.250	0.053
	Fosfatos mg/L	0.399	0.243	0.304	0.088	0.300	0.081	0.452	0.093
Alcalinidad mg/L			89.00	7.38	77.00	24.06	108	16.87	
El Salto	Temp. °C			25.13	1.38	24.96	0.91	29.33	0.25
	Oxígeno mg/L			6.04	2.06	5.49	2.80	6.17	0.32
	pH			7.70	0.00	7.64	0.25	7.20	0.26
	Amonio mg/L			0.010	0.000	0.028	0.037	0.030	0.036
	Nitritos mg/L			0.002	0.001	0.009	0.005	0.005	0.001
	Nitratos mg/L			0.200	0.000	0.420	0.164	0.367	0.058
	Fosfatos mg/L			0.185	0.064	0.532	0.223	0.186	0.149
Alcalinidad mg/L			140.00	56.57	164	26.08	106.67	11.55	
Dique IV	Temp. °C	25.56	1.04	25.98	0.74	26.85	0.66	29.99	1.260
	Oxígeno mg/L	3.68	1.22	6.66	0.85	6.97	0.68	6.31	0.919
	pH	8.19	0.31	8.80	4.30	8.73	0.20	9.42	0.287
	Amonio mg/L	0.053	0.014	0.110	0.235	0.006	0.010	0.034	0.025
	Nitritos mg/L	0.006	0.001	0.035	0.091	0.006	0.002	0.004	0.002
	Nitratos mg/L	0.200	0.000	0.938	1.637	0.356	0.073	0.350	0.084
	Fosfatos mg/L	0.657	0.327	0.740	1.448	0.283	0.083	0.878	0.553
Alcalinidad mg/L			111.250	33.568	114.44	36.44	120.00	0.00	

*Temperatura en °C, **Miligramos por litro.

Prom: promedio mensual, SD: desviación estándar.

Cuadro 3. Bacterias encontradas en tilapias enfermas de las presas Sanalona, Adolfo López Mateos y Dique IV, en muestreos realizados de febrero a mayo de 2009.

No.	Bacteria	Signo de enfermedad	Órgano donde se encontraron las bacterias	Presa
1	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Ceguera, descamación, ojos saltados y opacos, cola dañada y branquias pálidas.	Bazo, riñón y cerebro.	Sanalona, Adolfo López Mateos y Dique IV.
2	<i>Pseudomonas</i> sp.	Ceguera, ojos saltados y opacos y descamación.	Bazo, riñón y cerebro.	Sanalona y Adolfo López Mateos.
3	<i>Plesiomonas</i> sp.	Ceguera, descamación y ojos opacos.	Bazo, riñón e hígado.	Sanalona, Adolfo López Mateos y Dique IV.
4	<i>Enterobacter</i> spp.	Ojos saltados y opacos, ceguera y cola dañada.	Bazo y riñón.	Sanalona y Adolfo López Mateos.
5	<i>Flavobacterium</i> spp.	Ceguera de un ojo	Cerebro	Adolfo López Mateos
6	<i>Hafnia</i> spp.	Ojos opacos	Cerebro	Dique IV
7	<i>Proteus vulgaris</i>	Lesión en ojo	Riñón	Adolfo López Mateos
8	<i>Micrococcus</i> sp.	Ceguera	Cerebro y riñón.	Adolfo López Mateos y Dique IV.
9	<i>Salmonella</i> sp.	Normal	Hígado, bazo y riñón.	Sanalona y Adolfo López Mateos.
10	<i>Staphylococcus</i> sp.	Normal	Hígado y bazo.	Adolfo López Mateos y Dique IV.
11	<i>Alcaligenes fecalis</i>	Ojos opacos	Cerebro	Sanalona y Dique IV.
12	<i>Chromobacterium</i> sp.	Normal	Riñón	Sanalona
13	<i>Achromobacter</i> sp.	Ojos opacos	Cerebro	Dique IV

Cuadro 4. Prevalencia de géneros y especies bacterianos aislados de tilapias cultivadas en jaulas de las presas Adolfo López Mateos, Sanalona y Dique IV, de febrero a mayo de 2009.

Bacteria	Porcentaje de prevalencia
<i>Aeromonas hydrophila</i>	29.8
<i>Micrococcus</i> spp.	21.1
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	19.3
<i>Pseudomonas</i> sp.	15.8
<i>Salmonella</i> sp.	15.8
<i>Pseudomonas aeruginosa/fluorescens</i>	12.3
<i>Enterobacter cloacae</i>	8.8
<i>Staphylococcus</i>	7.0
<i>Proteus vulgaris</i>	5.3
<i>Achromobacter</i>	3.5
<i>Flavobacterium</i>	3.5
<i>Hafnia alvei</i>	3.5
<i>Alcaligenes fecalis</i>	1.8
<i>Chromobacterium</i>	1.8

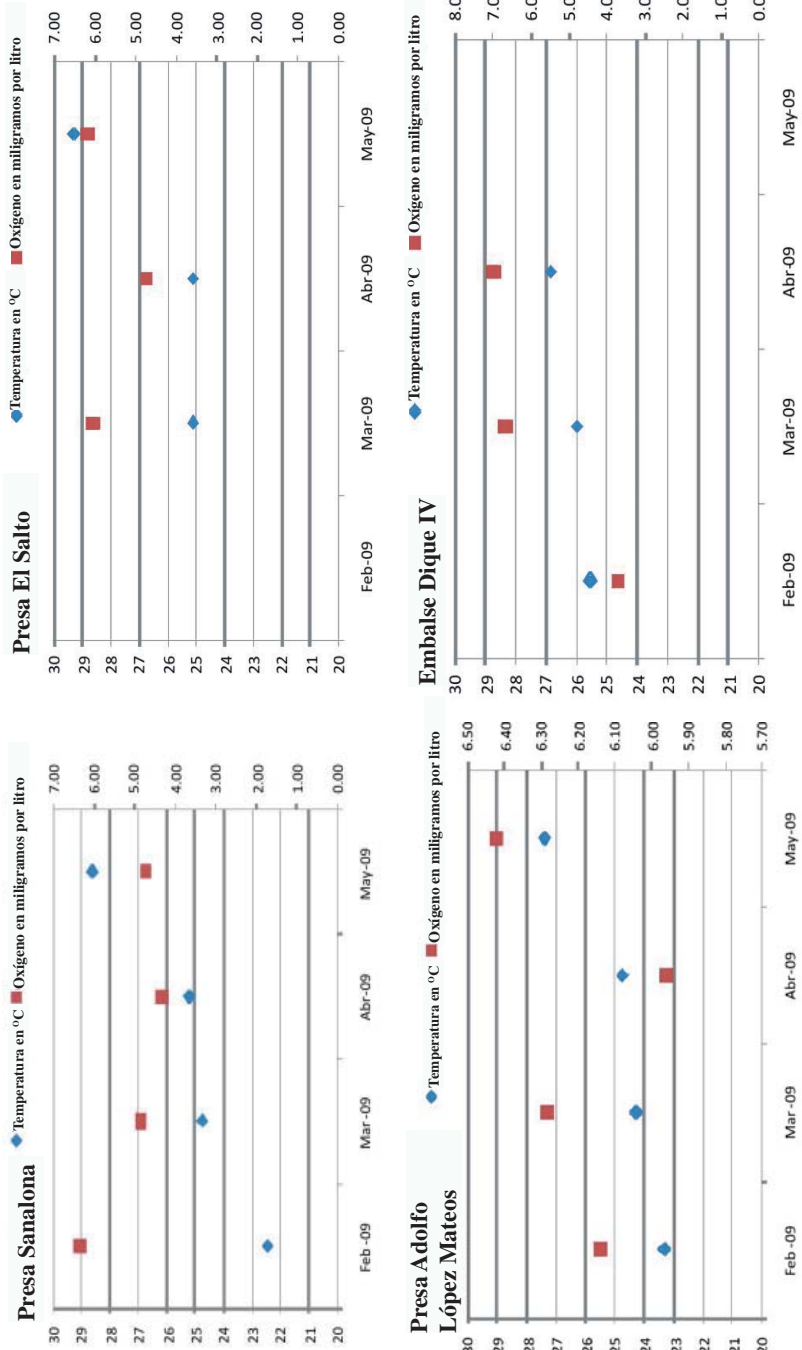


Figura 1. Fluctuaciones promedio mensuales de temperatura y oxígeno disuelto en el agua de jaulas en las presas Sanalona, Adolfo López Mateos, El Salto y Dique IV, de febrero a mayo de 2009.



Figura 2. Fluctuaciones promedio mensuales de pH y amonio total en el agua de jaulas en las presas Sanalona, Adolfo López Mateos, El Salto y Dique IV de febrero a mayo de 2009.

Presa Adolfo López Mateos, 10 y 11 de febrero de 2009

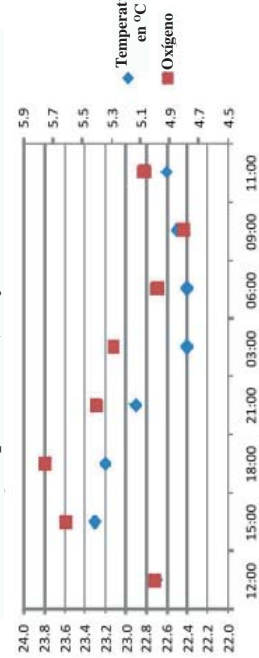
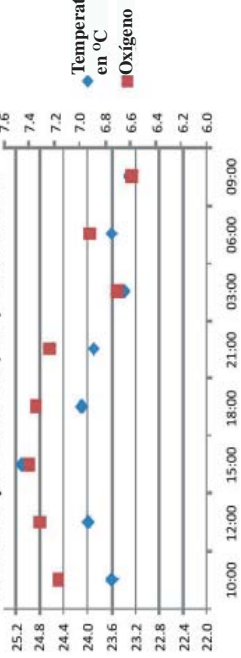
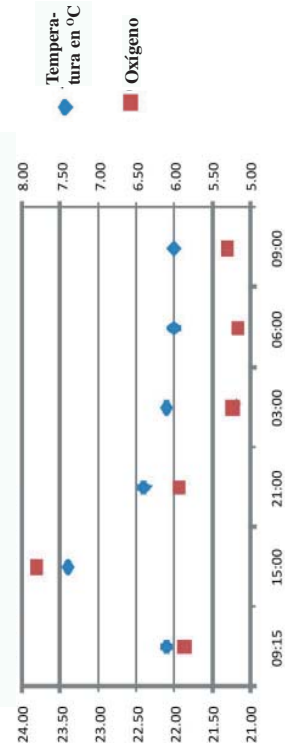


Figura 3. Variación de temperatura y oxígeno disuelto en agua de jaulas de la Presa Adolfo López Mateos, durante febrero de 2009.

Presa Adolfo López Mateos, 24 y 25 de febrero de 2009



Presa Sanalona, 6 y 7 de febrero de 2009



Presa Sanalona, 20 y 21 de febrero de 2009

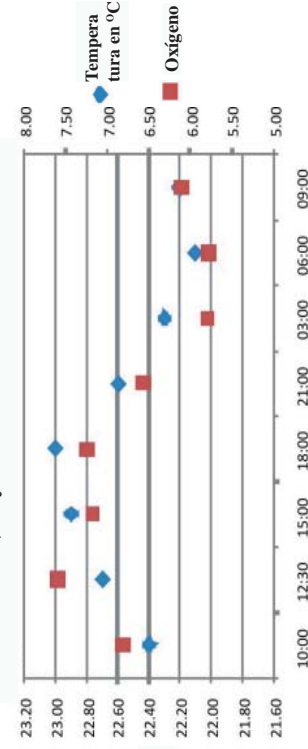
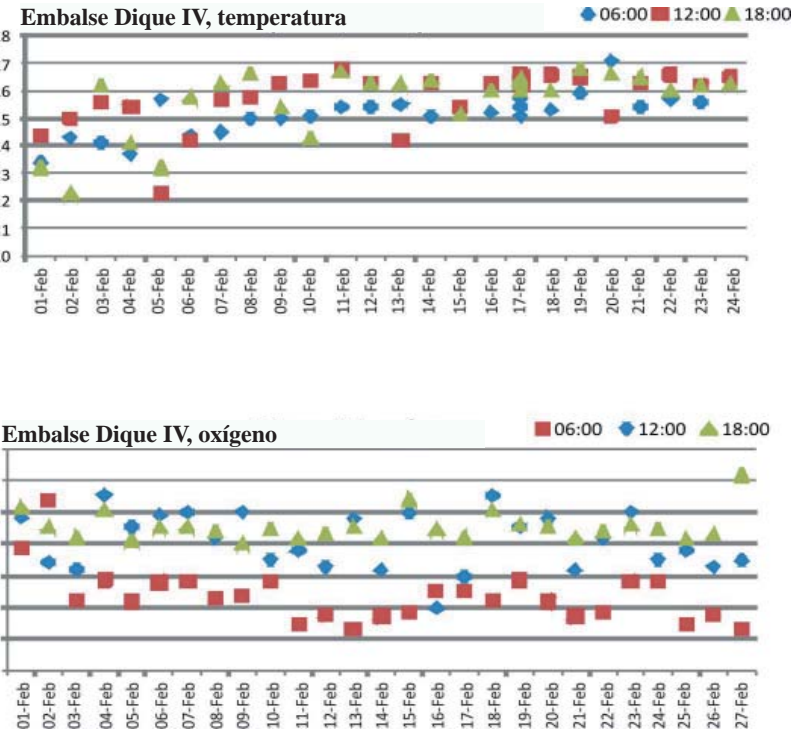
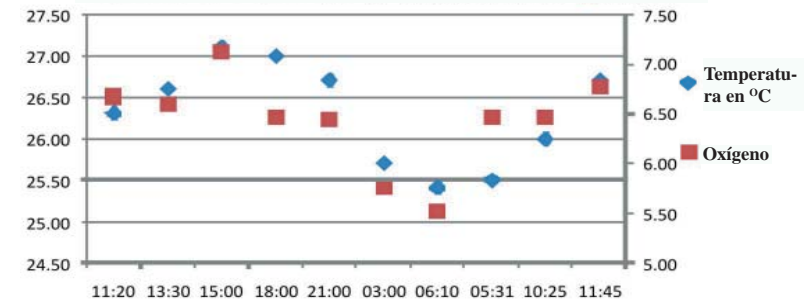


Figura 4. Variación diaria de temperatura y oxígeno disuelto en agua de jaulas de la presa Sanalona, durante febrero de 2009.

Figura 5. Variación diaria de temperatura y oxígeno disuelto en agua de jaulas del Dique IV, durante febrero de 2009.



Presa Adolfo López Mateos, 4 y 5 de mayo de 2009



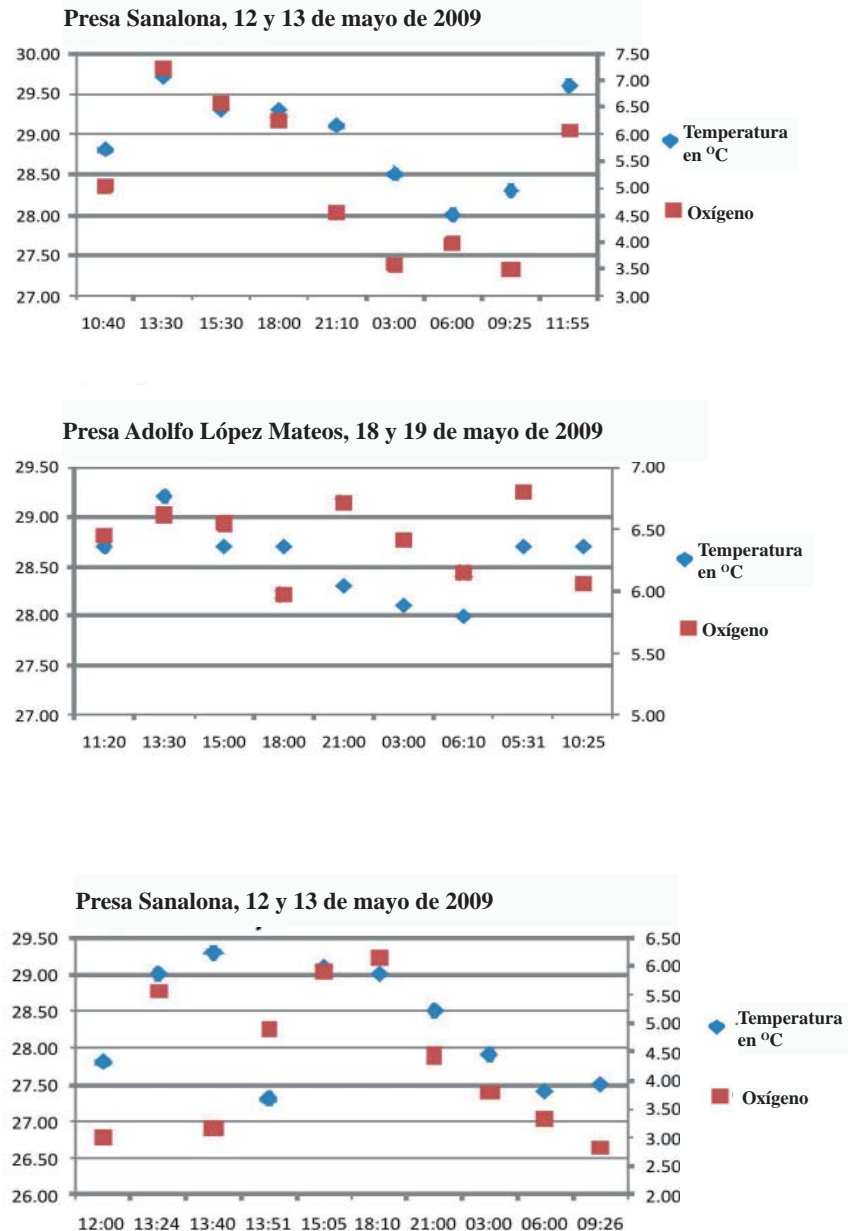


Figura 6. Variación diurna de temperatura y oxígeno disuelto en agua de jaulas de las presas Adolfo López Mateos y Sanalona durante mayo de 2009.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Harbi, A. H. y N. Uddin. 2005. "Bacterial diversity of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in brackish water in Saudi Arabia", *Aquaculture*. Págs. 566-572.
- Austin, B. y D. A. Austin. 1993. "Bacterial Fish Pathogens", *Disease in Farmed and Wild Fish*. Ellis Horwood Ltd. Chichester, Reino Unido.
- Conroy, G. y D. A. Conroy. 2004. "Patología de Tilapias: Una Reseña General", en *Sanidad de Organismos Acuáticos*. Ranzani-Paiva, M. J. T.; R. M. Takemoto y M. de los A. P. Lizama (eds.). Editora Varela, São Paulo, Brasil. Págs. 121- 141.
- Cowan and Steel's. 1993. "Manual for the Identification of Medical Bacteria", *J. Med. Microbiol.* Volumen 39. Barrow, G. I. y R. K. A. Feltham (eds.). Págs. 319-320.
- El-Sayed, A. F. M. 2006. *Tilapia Culture*. CABI Publishing. Oxfordshire, Reino Unido.
- Evans, J. J.; P. H. Klesius y C. A. Shoemaker. 2004. "Efficacy of *Streptococcus agalactiae* (group B) vaccine in tilapia (*Oreochromis niloticus*) by intraperitoneal and bath immersion administration", *Vaccine*. Volumen 22. Págs. 3769-3773.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2007. "The State of World Fisheries and Aquaculture 2006", *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Fisheries and Aquaculture Department. Roma, Italia. Pág. 186.
- García, M. y A. Auró. 2001. "Cultivo de la tilapia", en *Principios de acuicultura*. Auró, A. (ed.). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. México. Págs. 65-73.
- Holt, J. G.; N. R. Krieg; P. H. A. Sneath; J. T. Staley y S. T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Williams and Wilkins. Baltimore, Maryland, Estados Unidos.
- Kitao, T. 1993. "Streptococcal Infections", en *Bacterial Diseases of Fish*. Inglis, V.; R. R. J. Roberts; N. R. Bromage (eds.). Blackwell Scientific Publ. Oxford, Reino Unido. Págs. 196-210.
- Noga, E. J. 2000. "Fish Diseases", *Diagnosis and Treatment*. Blackwell Publ. Iowa, Estados Unidos.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación- *Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca*. Programa Maestro Nacional de Tilapia. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_programa_maestro_nacional_tilapia>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Anuario Estadístico de Pesca*. <<http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/3987/33/Anuario2004.pdf>>
- Whitman, K. A. 2004. *Finfish and Shellfish Bacteriology Manual*. Iowa State Press. Blackwell Publ. Co.
- World Organization for Animal Health. 2006. "World Organization for Animal Health", *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2006*.