

# La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México

Efraín Briones-Pérez<sup>1,2</sup>, Elizabeth Hernández-Acosta<sup>3</sup>,  
Aldo Iram Leal-Mendoza<sup>2</sup> y Claudia Irene Calvario-Rivera<sup>4</sup>  
Maestría en Ciencias Ambientales<sup>1</sup>, Comité Estatal de Sanidad Acuícola Tlaxcala<sup>2</sup>,  
Departamento de Suelos<sup>3</sup>, Cátedra-CONACyT<sup>4</sup>  
Universidad Autónoma de Tlaxcala<sup>1,4</sup>, CESATLAX, S.C.<sup>2</sup>, Universidad Autónoma Chapingo<sup>3</sup>  
Tlaxcala, Tlx.<sup>1,2,4</sup>, Chapingo, Méx.<sup>3</sup>, México  
[biologo\_efrain, iram29\_84]@hotmail.com, [elizahac, calvario78]@yahoo.com.mx

**Abstract**— The water quality of ponds and jagüeyes from tilapia and carp production units in the State of Tlaxcala, Mexico, was evaluated. The results showed the water in the ponds presented neither problems of transparency, temperature nor nitrites; however, the concentration of ammonium exceeded the limits established for tilapia and carp by the National Aquaculture Charter. The correlation matrix proved that water temperature is an influencing factor in the behavior of dissolved oxygen. Continuous monitoring of these parameters will provide information to develop strategies that will help to improve the method of cultivation of the species in the aquaculture production units, which will guarantee the sustainability of the producers.

**Keyword**— *aquaculture systems, physico-chemical parameters, fish.*

**Resumen**—Se evaluó la calidad del agua de estanques y jagüeyes de unidades de producción de tilapia y carpa en el estado de Tlaxcala, México. Los resultados indicaron que el agua en los estanques no presentó problemas de transparencia, temperatura y nitritos; sin embargo, la concentración de amonio rebasó los límites establecidos para tilapia y carpa por la Carta Nacional Acuícola. La matriz de correlación probó que la temperatura del agua es un factor que influye en el comportamiento del oxígeno disuelto. El monitoreo continuo de estos parámetros permitirá contar con información para desarrollar estrategias que ayuden a mejorar el método de cultivo de las especies en las unidades de producción acuícola, lo que garantizará la sustentabilidad de los productores.

**Palabras claves**— *sistemas acuícolas, parámetros fisicoquímicos, peces.*

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una fuente importante de alimento, nutrición, ingreso y medio de vida para cientos de personas en todo el mundo. En áreas rurales, las actividades a pequeña escala desempeñan una función decisiva en el sustento de vida de los pobladores al contribuir a la seguridad alimentaria y poder mitigar la pobreza. Debido a su naturaleza, representan el desafío que indica con precisión la participación de los operadores a pequeña escala, que generalmente se caracterizan por realizar actividades de tiempo parcial y operar en lugares dispersos y a menudo remotos [1]. A pesar de que Tlaxcala es un estado de la República Mexicana que no tiene litorales o grandes extensiones de agua, la acuicultura ha tomado auge, debido a la demanda entre la población de los productos acuícolas. Esta práctica que se realiza en estanques y jagüeyes representa casi el 96% de los cuerpos de agua del estado donde se practica la acuicultura, principalmente artesanal, además se considera una actividad secundaria de creciente expansión, la carpa (*Cyprinus carpio*) y tilapia (*Oreochromis sp.*) son las especies con mayor producción en el estado [2].

El cultivo de peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción es necesario mantener las condiciones físicas y químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. En algunos estudios se reporta que la concentración de minerales (arcillas) influye principalmente en la calidad del agua de jagüeyes, los peces se ven afectados a nivel de branquias reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica, lo que provoca un lento crecimiento que se expresa en bajos rendimientos [3]. Hlováč et al. [4] mencionan que la temperatura rige algunos parámetros físicos, químicos y biológicos, tales como la evaporación y solubilidad de los gases, la respiración y la actividad de las bacterias en la descomposición de la materia orgánica, el oxígeno disuelto es el que juega el papel más importante en la sobrevivencia de los peces, cada especie tiene una concentración mínima de oxígeno. Hernández et al. [5] reportan que de 4.7 mg/L de OD es óptima para el cultivo de tilapia en estanques con sistemas de recirculación, por otro lado, Horvath et al. [6] mencionan que de 3 a 4 mg/L de OD es un intervalo aceptable para el cultivo de carpa.

El nitrógeno es uno de los contaminantes más importantes del agua, parte importante de éste llega a los diferentes cuerpos de agua en forma de amonio, nitrato y nitrito, creando problemas de toxicidad para los organismos acuáticos [7]. El nitrato es un producto final durante la nitrificación del amoníaco y el principal componente del ciclo del nitrógeno, considerado menos tóxico al compararse con el nitrito y amoníaco, en los sistemas acuícolas la reducción de la alimentación, recambio de agua, técnicas de uso de agua de recirculación para prevenir la carga de nitrógeno son claves para obtener un cultivo exitoso [8].

La calidad del agua es uno de los factores más importantes en la salud de los peces, ejerce una acción decisiva sobre los efectos desarrollados por productos tóxicos, las frecuentes variaciones que ocurren en el ecosistema inducen cambios en la fisiología de los peces, lo que hace que éstos sean más susceptibles a las diferentes enfermedades [9]. Existen parámetros generales de calidad del agua para la acuicultura, no obstante, cada especie posee intervalos óptimos para su desarrollo, si la calidad del agua se aparta de lo establecido se deberán aplicar medidas que permitan mejorar y ajustar a las condiciones óptimas [10].

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en evaluar algunos parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua de diversos estanques y jagüeyes de unidades productoras acuícolas del estado de Tlaxcala que tuvieron en el año 2015 una mayor productividad de tilapia y carpa.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

En el estado de Tlaxcala en el año 2015 se tuvo un registro de 74 productores acuícolas [11], para el presente estudio fueron seleccionadas aquellas unidades de producción que tuvieron una mayor productividad. 5 unidades de producción con el sistema de estanques circulares de 6 m de diámetro, fabricados con geomembrana e instalación de un sistema de aireación, dedicados principalmente a la producción de tilapia (*Oreochromis sp.*) y, 7 unidades de producción bajo jagüeyes (depósito superficial de agua) en donde el cultivo principal es carpa (*Cyprinus carpio*) (Tabla 1).

Tabla I. Unidades productoras acuícolas de Tlaxcala.

UPA	Municipio	Tipo	Cultivo
Acuícola San José (ASJ)	Ixtacuixtla	Estanque	Tilapia
San Diego Tlale (SDT)	Ixtacuixtla	Estanque	Tilapia
Cooperativa Productora Tilapia (CPT)	Panotla	Estanque	Tilapia
Castillotla	Huamantla	Estanque	Tilapia
San Rafael	Apizaco	Estanque	Tilapia
E. R. Totolcingo (ERT)	El Carmen Tequexquitla	Jagüey	Carpa
Campestre (Cam)	Atlangatepec	Jagüey	Carpa
Maga (M)	Atlangatepec	Jagüey	Carpa
El Chatlal (EC)	Zacatelco	Jagüey	Carpa
Presa el Muerto (PEM)	Tlaxco	Jagüey	Carpa
El Progreso (EP)	Atlangatepec	Jagüey	Carpa
Acuícola Campech (AC)	Yauhquemehcan	Jagüey	Carpa

El agua para los estanques procede de pozos de agua subterránea y su renovación es cada tercer día en un 50%, en el caso de los jagüeyes se capta el agua por precipitación, normalmente no hay recambios. En los dos casos la carga de biomasa depende de la economía de cada productor. La alimentación de los peces en los dos sistemas consiste en proporcionarles alimento comercial elaborado con un 32% de proteína, 5% de grasa y 8% fibra.

En los meses de agosto a diciembre en las primeras horas del día (8:00 a 9:00 am) se llevaron a cabo los muestreos de agua para las determinaciones físicas y químicas, como factores que inciden en el bienestar de los peces cultivados [12]. Tanto en estanques como en jagüeyes se tomaron muestras simples instantáneas y mensuales a 20 cm de profundidad con un recipiente limpio [13]. Los parámetros determinados fueron temperatura (°C) en agua, oxígeno disuelto (OD) con un medidor digital portátil (marca YSI, modelo 550A), pH a través de un potenciómetro (marca ECO), la transparencia del agua se valoró con un disco de Secchi, dureza, amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitritos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) se midieron con un kit de acuicultura (marca La Motte, modelo: PLN, USA).

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa InfoStat versión libre 8 [14]. Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los valores de los diferentes parámetros evaluados en estanques y jagüeyes, debido al no cumplimiento de los supuestos de normalidad. Posteriormente se realizó una correlación Spearman ( $p < 0.05$ ) entre los parámetros de calidad del agua de las unidades.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados de los parámetros de calidad del agua determinados en estanques de las unidades de producción donde el cultivo es tilapia. Las unidades San Diego Tlale, Cooperativa Productora Tilapia, Castillotla y San Rafael presentaron un valor estadísticamente igual de transparencia, entre 19 y 32 cm, pero de acuerdo a los criterios ecológicos de calidad del agua [15] no existen problemas. En cuanto al oxígeno disuelto, entre las unidades de producción se presentaron diferencias significativas, las unidades de San Diego Tlale y San Rafael tuvieron un valor de 6.1 y 6.0 mg OD/L que con base a los criterios ecológicos de calidad del agua y a la carta nacional acuícola (Tabla 2) [16] rebasan el límite establecido, no así para Saavedra [17] quien menciona que de 5 a 9 mg OD/L es adecuado para el crecimiento y desarrollo de tilapia. Pérez et al. [18] reportan que el cultivo de tilapia tolera bajas concentraciones de OD (1 mg/L), incluso en periodos cortos, pero a menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por lo tanto, el crecimiento de los peces,

así que lo más conveniente son valores entre 2 ó 3 mg/L, particularmente en ausencia de luz. Toledo et al. [19] al evaluar dos tipos de alimento (comercial y elaborado) en estanques de flujo constante, los parámetros evaluados al agua fueron adecuados para el cultivo de tilapia, el OD fue de 3.1 a 4.2 mg/L y una temperatura de 24.5 a 26.1 °C.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes unidades en cuanto al pH, pero el valor rebasa al límite establecido por la carta nacional acuícola para tilapia (Tabla 2). El pH en el día, el oxígeno y la temperatura fluctúan de acuerdo con la hora, al amanecer los niveles de OD en el agua son más bajos, al igual que el pH, pero a medida que transcurre el día, con la presencia de la luz solar, la temperatura aumenta y el fitoplancton produce oxígeno, por lo que esta variable se eleva al igual que el pH [20]. Por otro lado, el pH fluctúa considerablemente con la profundidad del agua, debido a que está estrechamente relacionado a la concentración de dióxido de carbono [21]. Respecto al parámetro de dureza, solo la unidad de producción Acuícola San José fue de 93 mgCaCO<sub>3</sub>/L; mientras que, las otras unidades de producción rebasaron el límite que establecen los criterios ecológicos de la calidad del agua y Saavedra [17] (Tabla 2). La temperatura del agua, la concentración de amonio y nitritos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes unidades de producción acuícola; sin embargo, es importante mencionar que los valores de amonio fueron mayores en todos los estanques analizados, la carta nacional acuícola establece que 0.1 mg/L es el valor de referencia (Tabla 2).

Ismail et al. [22] reportan que para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) el agua presentó una concentración de amonio de 0.276 mg /L y de nitritos de 0.024 mg/L, lo que no impidió su crecimiento, pero fue un factor importante para la presencia de bacterias. Los valores obtenidos por los autores fueron inferiores a los obtenidos en el agua de los estanques evaluados en el presente trabajo. La temperatura y el pH son factores que afectan el nivel de amonio, Zhou y Boyd [23] reportan que la concentración de amonio fluctúa a un pH de 7.5 a 9.5 en estanques, en este trabajo se tuvo un intervalo de pH de 7.7 a 8.3 (Tabla 2). Al momento no hay un tratamiento práctico para reducir la concentración de amonio, se deben aplicar buenas prácticas de manejo para evitar concentraciones excesivas en los estanques, como una aireación adecuada para promover la nitrificación. En la acuicultura del 20 al 40% del nitrógeno contenido en la proteína del alimento que se agrega a los estanques se recupera en la biomasa cosechada, el resto del nitrógeno se queda en el estanque como alimento no consumido y en las heces (excretas), nitrógeno que se libera en forma de nitrógeno amoniacal, el cual generan las bacterias y otros organismos descomponedores [24].

Perdomo et al. [25] reportan que la crianza de tilapias (*Oreochromis* spp.) puede realizarse en distintos ambientes; no obstante, es importante conocer los parámetros de calidad del agua como indicadores del bienestar en los peces, por ejemplo: el OD, temperatura, pH, transparencia, dureza, amonio y alcalinidad. Alteraciones en dichos parámetros respecto a la tolerancia de los peces pueden causar problemas como hipoxia, inapetencia, atraso del crecimiento, incremento de la conversión alimenticia, inmunosupresión, susceptibilidad a enfermedades, deterioro de branquias y mortalidad, lo cual se traduce en considerables pérdidas económicas. Al evaluar la calidad del agua en un sistema de recirculación utilizado para cultivar tilapia se encontró un pH de 8.4, una temperatura del agua de 18 °C, N-NH<sub>3</sub> de 0.26 mg/L y una cantidad de OD de 6.4 mg/L, lo que no impide el crecimiento de la especie [26].

Tabla II. Parámetros de calidad del agua en estanques para el cultivo de tilapia.

Unidad	T agua °C	T (cm)	OD (mg/L)	pH	Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Amonio (mg/L)	Nitritos (mg/L)
ASJ	22.4±1.5 <sup>a*</sup>	5±0.0 <sup>b</sup>	2.1±0.4 <sup>b</sup>	8.0±0.3 <sup>a</sup>	93±30.1 <sup>a</sup>	2.40±0.5 <sup>a</sup>	0.14±0.2 <sup>a</sup>
SDT	26.3±4.3 <sup>a</sup>	21±2.2 <sup>a</sup>	6.1±2.8 <sup>a</sup>	7.7±0.6 <sup>a</sup>	148±36.7 <sup>a</sup>	1.88±1.1 <sup>a</sup>	0.06±0.05 <sup>a</sup>
CPT	25.6±1.4 <sup>a</sup>	32±13.0 <sup>a</sup>	4.4±1.7 <sup>ab</sup>	7.7±0.5 <sup>a</sup>	251±30.2 <sup>a</sup>	1.40±1.0 <sup>a</sup>	0.50±0.4 <sup>a</sup>
Castillota	26.0±1.1 <sup>a</sup>	27±8.3 <sup>a</sup>	5.3±1.3 <sup>b</sup>	7.9±0.8 <sup>a</sup>	126±28.5 <sup>a</sup>	1.90±1.3 <sup>a</sup>	0.51±0.4 <sup>a</sup>
San Rafael	25.8±2.9 <sup>a</sup>	19±9.0 <sup>a</sup>	6.0±2.6 <sup>b</sup>	8.3±0.1 <sup>a</sup>	155±37.1 <sup>a</sup>	1.18±1.0 <sup>a</sup>	0.79±1.2 <sup>a</sup>
CNA	24 a 29		< 5	7.5		0.1	4.6
CECA	24 a 30	45	2.1	7 a 8	50 a 100		
Saavedra (2006)	25 a 32		5 a 9	6 a 9	80 a 110	0.1	0.1

Los valores corresponden a la media y su respectiva desviación estándar. Letras distintas por columna indican diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ). T = Transparencia; OD: Oxígeno disuelto; ASJ: Acuicola San José; SDT: San Diego Tilale; CPT: Cooperativa Productora Tilapia. CNA = Valores óptimos en la Carta Nacional Acuicola para el cultivo de tilapia [16]; CECA = Criterios ecológicos de calidad del agua para acuicultura CE-CCA-001/89 [15]. (n=25).

En cuanto a los resultados de los parámetros de calidad del agua en los diferentes jagüeyes, los valores de la temperatura en el agua, transparencia y dureza fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) entre las unidades de producción acuícola (Tabla 3). La temperatura del agua y transparencia de la unidad El Chatlal tuvieron valores dentro de los que establece la carta nacional acuícola y los criterios ecológicos de calidad del agua para el cultivo de carpa (Tabla 3); mientras que, la dureza del agua de la unidad de producción Acuicola Campech presentó un valor significativamente menor que el resto de las unidades y dentro de lo que menciona como adecuado los criterios ecológicos de la calidad del agua (Tabla 3). La dureza del agua refiere a la concentración de Ca y Mg, un valor de 300 mg/L es aceptable para el cultivo de carpa de acuerdo a los criterios ecológicos de la calidad del agua [15] (Tabla 3), por lo que los jagüeyes en los que se produce carpa no presentan problemas para la producción.

Las variables OD, pH, nitritos y amonio no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las unidades de producción; sin embargo, es importante mencionar que la concentración de amonio fue mayor a lo establecido por la carta nacional acuícola y Horvath et al. [6] para el crecimiento de carpa (Tabla 3). En un estudio donde se probaron diferentes tipos de alimento para carpa, el agua presentó una concentración de amonio y nitritos de 0.04 mg/L, concluyen los autores que el tipo de alimento no influye sobre la calidad del agua [4]. En el caso de los jagüeyes los valores de amonio fueron mayores en el agua de todas las unidades de producción acuícola de 0.3 a 1.45 mg/L. Por otro lado, Lee y Boyd [27] señalan que existe una preocupación por los posibles efectos tóxicos que ocasiona el amonio en los sistemas acuícolas, el cual ha ido en aumento, debido al incremento de la producción (al demandar más alimento). En la acuicultura debe evitarse la toxicidad por NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, derivados de la descomposición de alimentos y residuos fecales de los peces, ya que pueden eutrofizar el agua [10]. Aunque la carpa tiene una gran capacidad de adaptación y tolera un amplio intervalo de condiciones ambientales, es importante vigilar la calidad del agua empleada para su producción. González et al. [28] reportaron que el OD fue de 3.25 mg/L adecuado para el cultivo de carpa. Adicionalmente, la temperatura del agua no afectó a este pez, dado que son organismos bentónicos y la menor variación en este parámetro se da precisamente en los bentos.

Tabla III. Parámetros de calidad del agua en jagüeyes para el cultivo de carpa.

Unidad	T <sub>agua</sub> °C	T (cm)	OD (mg/L)	pH	Dureza (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Amonio (mg/L)	Nitritos (mg/L)
ERT	19.6±2.3 <sup>ab</sup>	29±4.1 <sup>cd</sup>	6.0±1.3 <sup>a</sup>	9.5±0.6 <sup>a</sup>	85±5.0 <sup>c</sup>	1.40±1.4 <sup>a</sup>	0.05±0.0 <sup>a</sup>
Campestre	19.6±2.9 <sup>ab</sup>	11±2.2 <sup>d</sup>	4.7±1.9 <sup>a</sup>	8.2±0.7 <sup>a</sup>	132±31.1 <sup>bc</sup>	0.64±0.7 <sup>a</sup>	0.04±0.0 <sup>a</sup>
Maga	19.0±2.6 <sup>ab</sup>	11.2±2.5 <sup>ab</sup>	4.2±0.5 <sup>a</sup>	8.0±0.3 <sup>a</sup>	105±40.4 <sup>ab</sup>	0.30±0.2 <sup>a</sup>	0.05±0.0 <sup>a</sup>
EC	21.6±1.1 <sup>a</sup>	32±2.7 <sup>a</sup>	5.4±2.6 <sup>a</sup>	8.2±1.3 <sup>a</sup>	132±21.6 <sup>bc</sup>	0.62±1.0 <sup>a</sup>	0.05±0.0 <sup>a</sup>
PEM	17.5±1.0 <sup>b</sup>	15±7.0 <sup>abc</sup>	4.5±0.6 <sup>a</sup>	8.3±0.5 <sup>a</sup>	132.5±5.0 <sup>bc</sup>	1.45±1.2 <sup>a</sup>	0.04±0.2 <sup>a</sup>
EL	17.4±0.8 <sup>b</sup>	8.6±3.1 <sup>d</sup>	5.4±1.2 <sup>a</sup>	8.3±0.5 <sup>a</sup>	96±21.9 <sup>ab</sup>	0.32±0.1 <sup>a</sup>	0.05±0.1 <sup>a</sup>
AC	20.8±1.8 <sup>b</sup>	25.8±2.3 <sup>bcd</sup>	6.6±2.1 <sup>a</sup>	8.5±0.9 <sup>a</sup>	162±44.9 <sup>a</sup>	0.88±0.6 <sup>a</sup>	0.05±0.1 <sup>a</sup>
CNA	18 a 28	30 a 45	2 a 6	7 a 8		< 0.3	
CECA	20 a 30	30 a 50	5	7 a 8.5	300		
Horvath <i>et al.</i> (1992)			3 a 4	9		0.1	0.5

Los valores corresponden a la media y su respectiva desviación estándar. Letras distintas por columna indican diferencias significativas en la prueba de Kruskal-Wallis (p < 0.05). T =Transparencia; OD: Oxígeno disuelto; ERT: E.R. Totolcingo; EC: El Chatlal; PEM: Presa el Muerto; EP: El progreso; AC: Acuícola Campech. CNA = Intervalos establecidos en la Carta Nacional Acuícola para el cultivo de carpa [16]; CECA = Criterios ecológicos de calidad del agua para acuicultura CE-CCA-001/89 [15]. (n=25).

El análisis de correlación Spermán se aplicó para relacionar los parámetros de calidad del agua de los estanques de las diferentes unidades de producción. En la tabla 4 se muestran las tres correlaciones positivas y significativas (p<0.05) entre las variables temperatura del agua, transparencia y oxígeno disuelto. La T °C agua correlacionó con el OD y T; mientras que, el OD correlaciona con la T (r=0.61). Esto significa que al existir un incremento en la temperatura del agua habrá un aumento en la cantidad de OD y se acrecentará el valor de la transparencia. De ahí que el primer factor fisicoquímico que deba conocerse sea la temperatura. La velocidad de la mayoría de los procesos que afectan la calidad del agua en la acuicultura de estanques se duplica cuando hay un incremento de temperatura de 10 °C [4]. El abonamiento de los estanques trae, por un lado, una sobresaturación de oxígeno al haber mayor fotosíntesis, pero al mismo tiempo el exceso de biomasa se convierte en un factor negativo por el gasto de oxígeno en la descomposición de la materia orgánica [21].

Tabla IV. Coeficientes de correlación entre los parámetros de calidad del agua de estanques.

	T °C <sub>agua</sub>	OD	pH	T	Dureza	Amonio	Nitritos
T °C <sub>agua</sub>	1.00						
OD	0.68*	1.00					
pH	-0.30	-0.02	1.00				
T	0.53*	0.61*	0.05	1.00			
Dureza	-0.02	-0.07	-0.01	-0.01	1.00		
Amonio	-0.23	-0.30	-0.22	-0.34	-0.04	1.00	
Nitritos	-0.07	-0.37	0.01	-0.07	0.32	0.35	1.00

OD=Oxígeno disuelto, T=Transparencia. \*p<0.05. Coeficiente de Spermán, n=25.

En cuanto a los parámetros de calidad del agua en los jagüeyes de las diferentes unidades de producción se tuvieron correlaciones positivas y significativas (p<0.05), al igual que en los estanques,

entre la temperatura del agua, la transparencia y la dureza; por otro lado, el pH y la transparencia; lo que indica que al incrementarse la temperatura existe un aumento en transparencia y dureza; así mismo, el pH se eleva con la transparencia (Tabla 5). La importancia de la temperatura y el oxígeno disuelto estriba en que son factores que influyen en la mayoría de los procesos vitales de los organismos, así como en variados factores abióticos del ecosistema. Por otra parte, al aumentar la temperatura del agua se acelerará el metabolismo en los peces, lo que ocasiona un incremento en las excretas, lo que puede provocar que las aguas se puedan eutrofizar y por lo tanto exista una proliferación de patógenos, como los parásitos [29]. En otro estudio, Jiménez et al. [30] mencionan que es importante tener en cuenta que una resuspensión correlaciona con la visibilidad (transparencia) que mide el disco Secchi, la resuspensión de sedimentos que causan los peces como la carpa es importante en cuerpos de agua (lagos, lagunas, jagüeyes), ya que los peces se mueven de manera activa mientras buscan su alimento, lo que causa una turbulencia en el agua.

El provocar la turbidez de la arcilla afecta el fitoplancton, debido a que impide la entrada de los rayos del sol [29]. La composición química de los cuerpos de agua, como los jagüeyes se vincula con el tipo de suelo, sobre el cual se establecen. Los peces pueden sobrevivir a pH alcalino, pero no toleran las variaciones bruscas, dichas situaciones ocurren durante lluvias intensas donde los cuerpos de agua no disponen de un sistema de control del agua, lo que se refleja en un incremento de la transparencia [31]. El establecer jagüeyes en suelos ácidos ocasiona que el pH del agua sea menor, es por ello que una de las prácticas de manejo es encalar antes de agregar el agua para incrementar el pH [29].

Tabla V. Coeficientes de correlación entre los parámetros de calidad del agua de jagüeyes.

	T °C <sub>agua</sub>	OD	pH	T	Dureza	Amonio	Nitritos
T °C <sub>agua</sub>	1.00						
OD	0.29	1.00					
pH	-0.06	-0.04	1.00				
T	0.51*	0.28	0.38*	1.00			
Dureza	0.42*	0.02	-0.03	0.18	1.00		
Amonio	-0.18	-0.04	0.19	-0.12	0.10	1.00	
Nitritos	0.14	0.13	-0.28	0.17	-0.19	-0.25	1.00

OD=Oxígeno disuelto, T=Transparencia. \*p<0.05. Coeficiente de Serman, n=75.

#### IV. CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos que definen la calidad del agua en estanques y jagüeyes respecto a su calidad son diferentes para el cultivo de cada especie (tilapia o carpa), condición que debe ser considerada para ofrecer un manejo adecuado de los sistemas, principalmente en la concentración de amonio.

El análisis de correlación entre los parámetros de calidad del agua tanto de estanques como de jagüeyes mostró que la temperatura es el factor que más influye en el comportamiento del oxígeno disuelto, dureza y transparencia.

El evaluar de manera continua los parámetros de calidad del agua permitirá obtener información importante para desarrollar estrategias que ayuden a mejorar el método de cultivo de las especies en cada una de las unidades de producción acuícola del estado de Tlaxcala, lo que apoyará a la sustentabilidad de los productores.

## RECONOCIMIENTOS

Se agradece el apoyo para realizar este trabajo al presidente, integrantes y productores que conforman el CESATLAX, S.C., que permitieron llevar a cabo las determinaciones.

## REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma, Italia, 2016, 224 p. Recuperado de <http://www.fao.org/publications/sofia/2016/es/>. Consultado el 21 de marzo de 2017.
- [2] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), “Evaluación de resultados del programa de apoyo a la inversión en equipamiento e infraestructura”, 57 p. 2014. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/tlaxcala>. Consultado el 20 de marzo de 2017.
- [3] C. Bautista y J. M. de J. Ruíz, “Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana”, Revista Fuente vol. 8, 2011, pp. 10-14.
- [4] D. Hlováč, J. Másílko, P. Hartman, M. Bláha, L. Pechar, M. Anton-Pardo y K. Adáme, “Effects of common carp (*Cyrprinus carpio* Linnaeus, 1758) supplementary feeding with modified cereal son pond wáter quality and nutrient Budget”, J. Appl. Ichthyol. vol. 31, no. 2, pp. 30-37, 2015. doi:10.1111/jai.12850.
- [5] C. Hernández B., B. A. Trejo M., J. Loredó O. y G. Gutiérrez S, “Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS)”, Lat. Am. J. Aquat. Res. vol. 44, no. 4, pp. 869-874, 2016.
- [6] Horvath, G. Tomas y C. Seagrave, “Carp and pond fish culture”, Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications Ltd., UK. 1992, 154 p.
- [7] F. Cervantes C., J. Pérez y J. Gómez, “Avances en la eliminación biológica del nitrógeno de las aguas residuales”, Revista Latinoamericana de Microbiología vol. 42, pp. 73-82, 2000.
- [8] J. Pacheco A., R. Pat C. y A. Cabrera S, “Análisis del ciclo del nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterránea y su efecto en los seres vivos”, Revista de Ingeniería vol. 6, no. 3, pp. 73-81, 2002.
- [9] Suhr K. y B. Pedersen P, “Nitrification in moving bed and fixed bed biofilters treating effluent water from a large commercial out door rainbow trout RAS”, Aquacultural engineering vol. 42, pp. 31-37, 2010.
- [10] Y. Liang J. y H. Chien Y, “Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water raft aquaponics system”, Int. Bio. Biod. vol. 85, pp. 693-700, 2013.
- [11] Comité Estatal de Sanidad Acuícola (CESATLAX), “Programa de trabajo. Acciones sanitarias en peces”, CESATLAX, S. C. Tlaxcala, Tlax. 2015.
- [12] Oficina Internacional de Epizootias (OIE), “Código sanitario para los animales acuáticos 2011”, Décima cuarta edición. 2011, Recuperado en <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-acuatico>. Consultado el 20 de mayo de 2017.
- [13] Invemar, “Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos (aguas, sedimentos y organismos)”, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Ed. Precolombi. 148 p. 2003.
- [14] Di Rienzo J., F. Casanoves, G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. Robledo, “InfoStat”, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, 2008.
- [15] Diario Oficial de la Federación (DOF), “Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89”, Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. 13 de diciembre de 1989.



- [16] Diario Oficial de la Federación (DOF), “Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de la Carta Nacional Acuícola”, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 6 de Junio de 2012. 80 p.
- [17] M. Saavedra M, “Manejo del cultivo de tilapia”, USAID, Coastal Resources Center, University of Hawaii HILO, CIDEA. Managua, Nicaragua. 24 p. 2006.
- [18] Pérez M., M. Sáenz R. y E. Martínez G, “Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos”, Revista Científica de la UNAN-Leon, vol. 6, no. 1, pp. 72-79. 2015.
- [19] Toledo, E. Llanes J. y C. Romero, “Sustitución de la harina de pescado por harina de subproductos de aves en la alimentación de alevines de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*)”, Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras, vol. 31, no. 1, pp. 22-24. 2014.
- [20] Gross, E. Boyd C. y W. Wood C, “Nitrogen transformations and balance in channel catfish ponds”, Aquacult. Eng. vol. 24, pp. 1-14. 2000.
- [21] Hahn-vonHessberg C., R. Toro D., A. Grajales Q., M. Duque Q. G. y L. Serna U, “Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, municipio de Palestina, Colombia”, Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. vol.13, no. 2, pp. 89-105. 2009.
- [22] Ismail, I. N. Aliya I., N. M. Azmai A., S. Shohaimi, M. Zamri S. y S. Zahrah A, “Associations of water quality and bacteria presence in cage cultured red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. mosaambicus*”, Aquaculture reports, vol. 4, pp. 57-65, 2016.
- [23] Zhou y E. Boyd C, “An assessment of total ammonia nitrogen concentration in Alabama (USA) ictalurid catfish ponds and the possible risk of ammonia toxicity”, Aquaculture vol. 437, pp. 263–269.
- [24] E. Boyd C. y S. Tucker C, “Handbook for aquaculture water quality”, Craftmaster Printers, Auburn, Alabama, USA. 2014.
- [25] D. Perdomo C., C. Zenaida y L. Ramírez I, “Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical”, Zootecnia Trop. vol. 30, no. 1, pp. 99-108. 2012.
- [26] G. Ingle de la Mora, L. Enrique, L. E. Villareal D. Arredondo F. J. L., Ponce P. J. T. y Barriga S. I de los A, “Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces”, Hidrobiológica vol.13, no. 4, pp. 247-253. 2003.
- [27] T. Le P. y E. Boyd C, “Comparison of phenate and salicylate methods for determination of total ammonia nitrogen in freshwater and salinewater”, J. World Aquacult. Soc. vol. 43, pp. 885–889. 2012.
- [28] J. González Y., A. de Ocampo A. y A. Tolentino V, “Evaluación del crecimiento de carpa común (*Cyprinus carpio*, var. *communis*) alimentada con cerdaza ensilada”, Vet. Mex. vol. 33, no. 2, pp. 109-118. 2002.
- A. Obregón y A. Duván, “Limnología aplicada a la acuicultura”, REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. vol. VII no. 11, pp. 1-24. 2006.
- [29] R. Jiménez M., M. Verdegem, E. Zamora J. y J. Verreth, “Organic matter sedimentation and resuspension in tilapia (*Oreochromis niloticus*) ponds during a production cycle”, Aquacultural Engineering, vol. 26, pp. 1–12. 2002.
- [30] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), “Orientaciones técnicas para la pesca responsable”, FAO, Roma, 5 (Suppl. 4): 60 pp. 2011.