

Parámetros físico-químicos del agua y análisis bacteriológico de peces ornamentales en acuarios privados de La Habana, Cuba Physico-chemical parameters of water and bacteriological analysis of ornamental fish in private aquariums in Havana, Cuba

Lirialis García Mesa , Raquel Silveira Coffigny , Maylee Pozo Escobar , Sheila Ponte Betancourt , Yanelys Hill Esquibel 

Departamento Sanidad Acuicola, Centro de Investigaciones Pesqueras. Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba.

Correspondencia: Lirialis García **E-mail:** lirialisgarciamesa@gmail.com

Artículo original | Original article

Palabras clave

aeromonas sp.
enterobacteria
patógenos
calidad del agua
piscicultura

Keywords

aeromonas sp.
enterobacteria
pathogens
water quality
fish culture

RESUMEN | En Cuba el cultivo de peces ornamentales es un sector muy incipiente, en su mayoría centralizado en el sector privado. Esto constituye una brecha para el control de posibles brotes de enfermedades en los sistemas de cultivo al constituir vectores de transmisión. El objetivo de este trabajo fue determinar parámetros físico-químicos del agua y bacterias presentes en peces ornamentales en acuarios privados de La Habana, Cuba. Se analizaron las siguientes especies: *Danio rerio* (Cebra), *Carassius auratus* (Goldfish), *Pterophyllum scalare* (Escarlar), *Xiphophorus maculatus* (Platy) y *Poecilia sphenops* (Molly). A estas especies se le realizaron análisis bacteriológicos y análisis químicos al agua de cultivo. *Aeromonas* sp. fue el género más aislado, con una frecuencia de 65%. En menor medida, se aislaron especies del género *Pseudomas* sp. (10%) y enterobacterias (15%). Los valores de nitrito y fósforo estuvieron por encima de los límites de referencia. Especies potencialmente patógenas de *Aeromonas* sp. y de la familia Enterobacteriaceae se obtuvieron de peces ornamentales aparentemente sanos. En la mayoría de las peceras la concentración de nitritos y fósforo inorgánico se encontró en condiciones que pueden resultar desfavorables para los peces debido al aumento de la densidad del plancton y la toxicidad. Los valores de pH, dureza total y calcio se mantuvieron dentro del intervalo de referencia, mientras que la alcalinidad tendió a exceder el límite permitido.

ABSTRACT | In Cuba, the cultivation of ornamental fish is a very incipient sector, mostly centralized by private producers. This constitutes a gap for the control of possible disease outbreaks in culture systems. The main objective of this work was to determine physical-chemical parameters of water and bacteria present in ornamental fish in private aquariums in Havana, Cuba. The following species were analyzed: *Danio rerio* (Zebra danio), *Carassius auratus* (Goldfish), *Pterophyllum scalare* (Freshwater angelfish), *Xiphophorus maculatus* (Southern platyfish) and *Poecilia sphenops* (Molly). Bacteriological analyses were carried out on these species and physicochemical tests on the culture water. *Aeromonas* sp. was the most isolated genus, with a frequency of 65%. To a lesser extent, species of the genus *Pseudomas* sp. (10%) and enterobacteria (15%) were isolated. The nitrite and phosphorus values were above the reference limits. Potentially pathogenic species of *Aeromonas* sp. and from the family Enterobacteriaceae were obtained from apparently healthy ornamental fish. In most of the aquariums the concentration of nitrites and inorganic phosphorus were in a condition that may be unfavorable for fish due to the increase in plankton density and toxicity. The pH, total hardness and calcium values maintained within the reference range, while alkalinity tended to exceed the permitted limit.

INTRODUCCIÓN

“Organismos ornamentales” es un término genérico que describe a aquellos organismos acuáticos mantenidos en un acuario con propósitos de ornamento, incluyendo peces, invertebrados como moluscos, crustáceos, equinodermos, así como roca viva (Miller y Mitchell 2009).

El acuarismo es uno de las aficiones más populares, con millones de entusiastas en todo el mundo. El valor comercial de los peces ornamentales ha crecido significativamente en las últimas décadas. Entre 2000 y 2011, las exportaciones mundiales aumentaron de 181 millones de USD a 372 millones de USD (FAO 2018). Aunque la contribución del mercado de peces ornamentales al comercio mundial en términos de valor en general es pequeña,

el sector desempeña un papel relevante en términos de mitigación de la pobreza en los países en desarrollo y de preservación marina (Monticini 2010). Las comunidades costeras y ribereñas pueden utilizar peces ornamentales, recurso sostenible y renovable, como fuente de ingresos.

En Cuba, el cultivo de peces ornamentales es un sector muy incipiente, centralizado en productores privados (Coto 2006). Paralelamente, los análisis de sanidad y calidad de agua en acuarios privados son escasos. Esto constituye una brecha para el control de posibles brotes de enfermedades en los sistemas de cultivo ya que estos organismos constituyen vectores para la transmisión de enfermedades. Así mismo, no existen regulaciones para el registro de focos activos de determinadas patologías por parte del sector privado lo que dificulta el accionar de las entidades regulatorias de sanidad animal en relación con la prevención, seguimiento y control de brotes.

Como cualquier cultivo o mantenimiento de peces, está expuesto a infecciones bacterianas, parasitarias y/o virales siendo las enfermedades bacterianas las más comunes. En conjunto, sólo los problemas de calidad del agua superan a las enfermedades bacterianas en el área de morbilidad y mortalidad de peces ornamentales. La mayoría de las infecciones bacterianas son causadas por organismos gramnegativos, incluidos los siguientes géneros: *Aeromonas* sp., *Citrobacter* sp., *Edwardsiella* sp., *Flavobacterium* sp. (antiguamente: *Flexibacter* sp.), *Mycobacterium* sp. y *Pseudomonas* sp. para peces dulceacuícolas (Kurup et al. 2008).

Referente a la calidad del agua y el mal manejo de las peceras, puede dar lugar a la aparición de patologías asociadas a condiciones ambientales que incluyen niveles bajos de oxígeno disuelto, concentraciones altas de amoníaco, niveles altos de nitrito o toxinas naturales o artificiales. Estos parámetros, influyen en el estado de salud de los organismos y a su vez en la composición de la microbiota de la pecera. La interrelación de todos estos aspectos determina la incidencia de enfermedades durante los ciclos productivos (Antychowicz 2016, Briones et al. 2017, Orozco et al. 2022).

En este sentido, el objetivo del trabajo fue determinar parámetros físico-químicos del agua y bacterias presentes en peces ornamentales en acuarios privados de La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreos

Se analizaron seis especies de peces ornamentales: *Danio rerio* (Hamilton, 1822) (Cebra), *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) (Goldfish), *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (Guppy), *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823) (Escalar), *Xiphophorus maculatus* (Günther, 1866) (Platy) y *Poecilia sphenops* Valenciennes, 1846 (Molly), aparentemente sanos, en muestreos realizados en acuarios privados (establecimientos para el mantenimiento y la reproducción de peces ornamentales a pequeña escala) de la ciudad de La Habana entre enero y mayo de 2022. Estos muestreos fueron organizados en coordinación con la Asociación Cubana de Acuarofilia y acuicultores privados no asociados a ésta.

Las muestras de agua se tomaron en bolsas plásticas estériles debidamente identificadas y se almacenaron y transportaron al laboratorio de Hidroquímica del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) en un recipiente isotérmico a una temperatura entre 2 y 8°C. Los peces fueron transportados en bolsas plásticas conteniendo ¼ de agua y ¾ de oxígeno al laboratorio de Bacteriología del CIP donde fueron examinados y evaluados sus signos clínicos.

Análisis bacteriológico

Una vez limpiada la superficie del mesón con alcohol al 95%, los peces fueron sacrificados con la técnica de corte medular con bisturí entre el cerebro y la médula espinal (Rosenthal 2007). Se procedió a la exposición de los órganos internos según procedimientos de rutina (Reimschuessel et al. 1988). Los aislados bacterianos fueron obtenidos a partir de muestras de órganos y tejidos (riñón, hígado y piel). Con ayuda de una lupa se realizaron punciones de los órganos y con un asa estéril fueron sembrados por estría en medios generales (Agar Tripton-Soya), específicos (Agar McConkey) y selectivos (agar AO). Para el análisis del músculo se tomó con ayuda de un

bisturí un fragmento de la parte dorsal, el cual fue homogenizado con 9 ml de agua de peptona estéril (APE) estéril con ayuda de un vórtex durante 2 min. Inmediatamente después se realizaron diluciones seriadas en APE 1/10 y 1/100, estas fueron sembradas en los medios antes mencionados.

La identificación de los aislados bacterianos se llevó a cabo utilizando técnicas convencionales (pruebas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas). La ubicación taxonómica se realizó según los criterios planteados en Garrity (2007). Las cepas de interés fueron conservadas en el área del Cepario de la Subdirección de Inocuidad de los Alimentos y Sanidad Acuicola del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). El porcentaje de aislamiento se determinó según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ aislamiento} = \frac{\text{número de aislamientos de 1 especie} * 100}{\text{total de especies aisladas}}$$

Análisis de la calidad del agua

Las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado en el laboratorio de Hidroquímica del CIP. Las formas nitrogenadas como el nitrito (NO₂⁻) y fósforo inorgánico (P) se analizaron siguiendo la metodología descrita por FAO (1975), mientras que la dureza al calcio, dureza total, y la alcalinidad total, se determinaron de acuerdo a lo descrito en *American Public Health Association* (APHA) (2017).

El amonio (NH₄⁺) se analizó siguiendo la metodología descrita por FAO (1975). El análisis del potencial de hidrogeno (pH) se efectuó con el empleo de un pH-metro analógico.

A todos los análisis se les determinó la desviación estándar (DS) usando el paquete estadístico de Excel 2019.

RESULTADOS

Se analizaron un total de 60 peces divididos en: 10 *D. rerio*, 10 *P. reticulata*, 10 *C. auratus*, 10 *P. scalare*, 10 *X. maculatus* y 10 *P. sphenops*.

Los resultados de los análisis bacteriológicos se presentan en la Tabla I y Fig. 1, y de los análisis químicos en la Tabla II. Además, se realizó una comparación entre los porcentajes de aislamiento por especies y la concentración de fósforo inorgánico obtenido en cada pecera (Fig. 2).

Tabla I. Aislamientos bacteriológicos por especie para los distintos peces ornamentales analizados y porcentaje de aislamiento por especie.

Table I. Bacteriological isolates by species for the different ornamental fish analyzed and percentage of isolation by species.

Especies	Aislados bacterianos	Porcentaje de aislamiento (%)
<i>Danio rerio</i> (Cebra)	<i>Aeromonas hydrophila</i>	55,5
	<i>Aeromonas veronii</i>	12,3
	<i>Pseudomonas</i> sp.	22,2
	<i>Aeromonas schubertii</i>	14,3
<i>Poecilia reticulata</i> (Guppy)	<i>Aeromonas hydrophila</i>	28,6
	<i>Aeromonas popoffii</i>	14,3
	<i>Vibrio mimicus</i>	14,3
<i>Carassius auratus</i> (Goldfish)	<i>Aeromonas media</i>	50
	<i>Pantoea agglomerans</i>	50
	<i>Aeromonas media</i>	28,6
	<i>Aeromonas hydrophila</i>	14,3
<i>Pterophyllum scalare</i> (Escalar)	<i>Aeromonas sanarelli</i>	14,3
	<i>Aeromonas schubertii</i>	14,3
	<i>Aeromonas salmonicida</i>	14,3
	<i>Vibrio xuii</i>	14,3
<i>Xiphophorus maculatus</i> (Platy)	<i>Pantoea agglomerans</i>	50
	<i>Aeromonas media</i>	50
<i>Poecilia sphenops</i> (Molly)	<i>Pantoea agglomerans</i>	33,3
	<i>Pseudomonas</i> sp.	33,3
	<i>Aeromonas media</i>	33,3

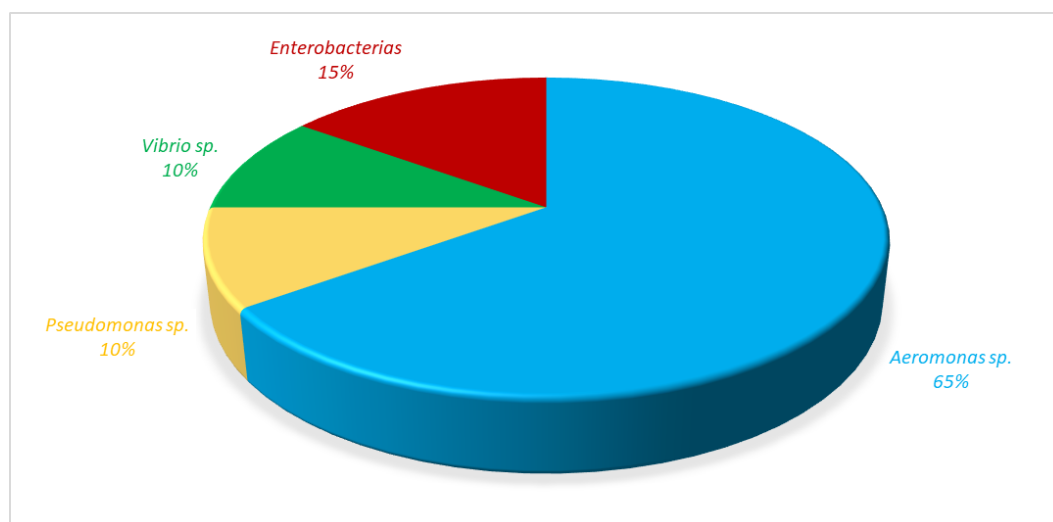


Figura 1. Porcentaje total de aislamiento de grupos o géneros bacterianos obtenidos en este estudio.

Figure 1. Total percentage of isolation of bacterial groups or genera obtained in this study.

Tabla II. Parámetros físico-químicos del agua de cultivo de peces ornamentales en acuarios privados de La Habana, Cuba.

Table II. Physico-chemical parameters of ornamental fish culture water in private aquariums in Havana, Cuba.

Parámetro	Pecera con escalares ±DE	Pecera con goldfish ± DE	Pecera con Guppy ± DE	Pecera con cebras ± DE	Pecera con Platis y Mollies ± DE	Índice de referencia
pH	7,16 ± 0,01	7,57 ± 0,01	7,49 ± 0,00	7,24 ± 0,01	8,13 ± 0,01	6,5-8,5 ¹
NO ₂ ⁻ (mg/L)	1,179 ± 0,01	0,126 ± 0,00	0,445 ± 0,00	4,025 ± 0,00	1,014 ± 0,01	< 0,1 ¹
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0,002 ± 0,00	0,0017 ± 0,01	0,0010 ± 0,00	0,003 ± 0,01	0,0002 ± 0,02	< 1,0 ¹
P (mg/L)	0,566 ± 0,00	0,0132 ± 0,01	0,0509 ± 0,01	0,662 ± 0,01	0,1303 ± 0,00	< 0,1 ¹
Dureza al calcio (mg/L CaCO ₃)	-	123 ± 2,12	62 ± 2,83	108 ± 2,83	196 ± 2,12	20-300 ²
Dureza total (mg/L CaCO ₃)	-	218 ± 2,83	299 ± 1,41	518 ± 2,83	250 ± 1,41	125-600 ²
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	-	223 ± 1,41	368 ± 1,41	-	188 ± 2,12	30-200 ³

¹NC 25: 1999; ²Chávez 2018; ³García y Calvario 2003.

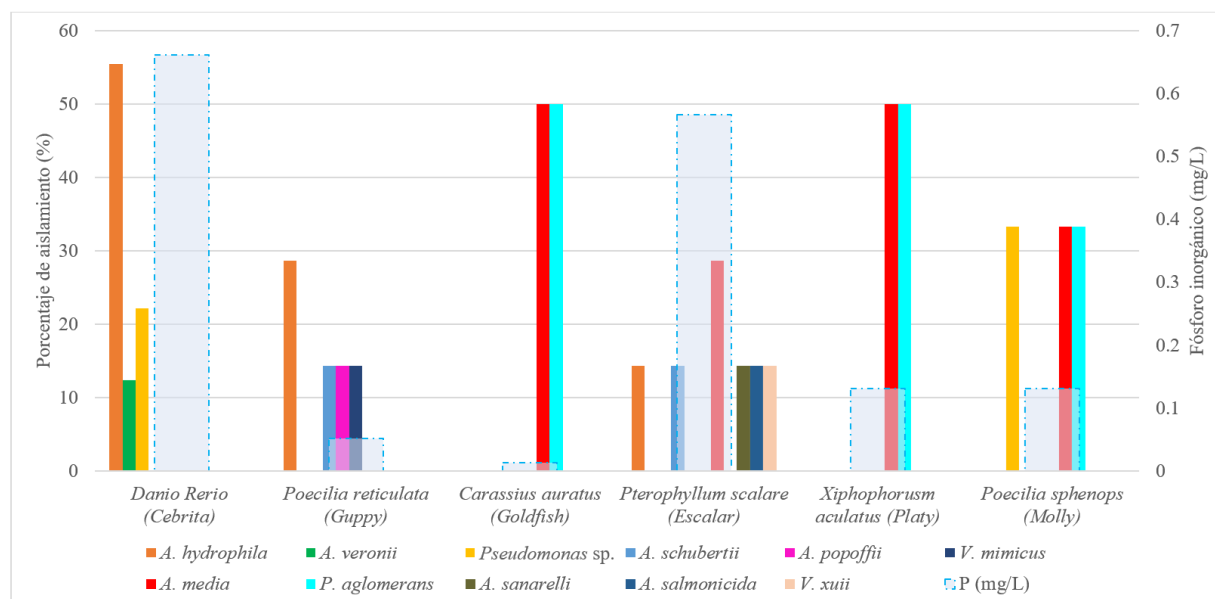


Figura 2. Comportamiento del porcentaje de aislamientos bacteriológicos y del fósforo inorgánico en el agua de cultivo para las especies de peces analizadas.

Figure 2. Behavior of the percentage of bacteriological isolates and inorganic phosphorus in the culture water for the fish species analyzed.

DISCUSIÓN

Análisis bacteriológico

En los muestreos realizados, *Aeromonas* sp. fue el género mayormente aislado con un porcentaje de aislamiento de 65% (Fig. 1). Las principales especies patógenas de peces dentro de este género fueron: *Aeromonas hydrophila*, patógeno principal en la Septicemia por *Aeromonas* móviles (MAS) y *Aeromonas salmonicida*, agente etiológico de la forunculosis, ambas aisladas en estos muestreos.

Aeromonas veronii constituye otro patógeno de importancia en peces involucrada en infecciones del tipo septicémico, así como síndrome ulcerativo (Li *et al.* 2020).

Algunas especies de *Aeromonas* representan un problema de salud pública al ocasionar cuadros infecciosos en los seres humanos, fundamentalmente en personas inmunocomprometidas. Hasta el momento son principalmente tres las especies que han sido reconocidas como patógenos para el ser humano: *A. hydrophila*, *A. veronii* y *A. schubertii* provocando infecciones extra intestinales e intestinales (Zepeda 2015, Alcántara *et al.* 2022).

En menor medida se aislaron especies del género *Pseudomonas* sp. (10%) y Enterobacterias (15%) (Fig. 1). Ambos grupos, son frecuentemente asociadas con enfermedades infecciosas en peces, actuando principalmente como patógenos secundarios (Oliveira *et al.* 2017, Alcántara *et al.* 2022). *Pantoea agglomerans* (antes conocida como *Enterobacter agglomerans*) es un patógeno común en humanos, asociado a infecciones del tracto urinario y en heridas (Martín 2020, Ullauri y Freire 2019). Además, se sugiere como probable patógeno de peces sobre las bases de su aislamiento en infecciones y graves mortalidades en cultivos (Nagrete y Romero 1999).

Análisis de la calidad del agua

El pH alcanzó valores promedios entre 7,16 y 8,13 (Tabla II). El pH es un parámetro importante ya que sus variaciones extremas pueden causar mortalidades en los peces. Los incrementos de pH suelen relacionarse con los procesos de fotosíntesis, además los incrementos o disminuciones de este parámetro, puede ocasionar un elevado grado de toxicidad de compuestos, como por ejemplo el amoníaco, hidrógeno, sulfuro, y cianuros para los peces (Trejo *et al.* 2021). En este estudio no constituyó un factor de riesgo y se mantuvo en niveles óptimos para el crecimiento.

La dureza del agua es una medición de cationes divalentes, fundamentalmente calcio y/o magnesio (Romano *et al.* 2020). En un acuario en funcionamiento se produce una evaporación continua que provoca un aumento de la dureza del agua, y este se acentúa al añadir agua periódicamente para restablecer los niveles normales. El monitoreo de la dureza del agua es crucial para un buen manejo ya que influye en el crecimiento, reproducción y el desarrollo embrionario de los peces. Específicamente, el calcio influencia la permeabilidad de la membrana, siendo esencial para un correcto desarrollo embrionario (Whitaker 2006, Boyd *et al.* 2016, Krishnakumar *et al.* 2020).

A través de los excrementos de los peces, así como restos de plantas y de comida, el agua del acuario recibe combinaciones de nitrógeno que son desintegradas en varias fases. En primer lugar, se forma el amoníaco, que incluso en cantidades muy pequeñas es tóxico, o el amonio no tóxico en una proporción que depende del pH (Obregón y Andrés 2005). Para evitar los excesos de amoníaco/amonio es importante hacer recambios constantes de agua. Rivas *et al.* (2021) demostraron que el recambio diario de 25% del agua favorece el crecimiento de los peces y bajo estas condiciones obtuvieron los menores valores de amoníaco.

El nitrito mostró valores entre 0,126 y 4,025 mg/L (Tabla II). Los valores registrados estuvieron por encima del límite permisible para el cultivo de peces de agua dulce establecidos por la Norma Cubana (NC) NC: 25 (1999) y Chávez (2018). Ginson *et al.* (2017) ratificaron que cantidades elevadas de este nutriente son tóxicas para los peces. En un estudio realizado por Orozco *et al.* (2022), mostraron que el nitrito en altas concentraciones causa síntomas de irritabilidad con alteraciones al comportamiento de los organismos como frotarse, saltar y rozar la superficie del estanque. Asimismo, diversos trabajos científicos han descrito que concentraciones altas de nitritos puede provocar

necrosis en los tejidos (Obregón y Andrés 2005, Colusso 2015, Njoku *et al.* 2015). Los nitritos, a nivel celular, se unen a la hemoglobina de la sangre impidiendo la capacidad de ésta para el transporte del oxígeno, por lo que los peces comienzan a verse afectados por déficit de oxígeno, dejando de comer y debilitándose (Kim *et al.* 2022).

Referente a las concentraciones de fósforo inorgánico registradas (Tabla II), tendieron a sobrepasar el límite establecido por la Norma Cubana (NC): 25 (1999), lo que indica que la calidad química del agua es inestable. Es importante resaltar que el fósforo es considerado como la mayor limitante en el agua dulce y su incremento produce en general un aumento de la producción primaria (fitoplancton) (De Vicente y Cruz 2003). Al igual que con el nitrógeno, existen algunos problemas menores con la toxicidad del fósforo cuando se encuentra en exceso, al producir un fuerte florecimiento de algas, que podría causar mortalidad en los peces por la consecuente falta de oxígeno (Carvajal 2014, Ginson *et al.* 2017)

Durante el estudio en la pecera con escalares y en la pecera con cebras se obtuvieron los mayores valores de fósforo (0,566 y 0,662 mg/L respectivamente) y nitrito (1,179 y 4,025 mg/L respectivamente). Estas condiciones estresantes influyen sobre el sistema inmune de los peces y facilita la colonización de tejidos por microorganismos patógenos. Precisamente, en cebras se obtuvo el mayor porcentaje de aislamiento de *Aeromonas hydrophila*, principal causante de la septicemia hemorrágica en peces. En contraste, en los escalares se observó una mayor diversidad de especies del género *Aeromonas* con representación de las especies patógenas (*A. hydrophila*, *A. salmonicida* y *A. schubertii*) (Tabla I, Fig. 2).

La alcalinidad total alcanzó valores promedios entre 188 y 368 mg/l CaCO₃ (Tabla II). Los valores registrados estuvieron por encima del índice de referencia establecido por García y Calvario (2003). Al respecto Ginson *et al.* (2017) expresaron que cuando la alcalinidad es mayor a 300 mg/L CaCO₃, causa estrés y es letal en los organismos acuáticos, fenómeno que se observó en la pecera con guppy donde se obtuvo un valor de 368 mg/L CaCO₃. En un estudio realizado por Cavalcante *et al.* (2014), obtuvieron que un agua con baja alcalinidad total es más susceptible a acidificación que el agua con alta alcalinidad total, siempre y cuando no sobrepase el límite permitido. La alcalinidad total es un indicador importante de la calidad del agua porque refleja la capacidad amortiguadora del agua respecto a cambios del pH (Sahoo *et al.* 2020).

En general, el alimento ingerido constituye uno de los principales factores para lograr un equilibrio físico-químico del agua en cualquier sistema de cultivo, garantizando de esta manera un ambiente propicio para el desarrollo de los peces (Vásquez *et al.* 2016, Garzón y Gutiérrez 2019)

Es importante destacar que, aunque los peces analizados no mostraban signos de enfermedad, la presencia de patógenos potenciales sumado a las malas condiciones del agua de cultivo, constituyen un riesgo sanitario considerable. El monitoreo de la calidad del agua de manera regular es imprescindible para un correcto manejo, teniendo en cuenta que al afectarse los parámetros hidroquímicos se generan condiciones de estrés que propician la colonización de microorganismos oportunistas. Estos pueden ocasionar grandes morbilidades y mortalidades que se traducen en pérdidas económicas para los productores.

Debido a que el cultivo de peces ornamentales es un sector incipiente en el país centralizado fundamentalmente en el sector privado, se hace necesario la capacitación del personal y la realización de muestreos periódicos con los objetivos de fortalecer capacidades, enriquecer bases de datos y prevenir la aparición y diseminación de focos de enfermedades, zoonóticas o no, que pudieran propagarse a otros sistemas de cultivos ocasionando daños económicos, así como afectaciones a la salud humana.

CONCLUSIONES

En los muestreos bacteriológicos realizados, *Aeromonas* fue el género mayormente aislado, con una frecuencia de 65%. En menor medida se aislaron especies del género *Pseudomas* (10%), *Vibrio* (10%) y Enterobacterias (15%) que pueden desencadenar enfermedades zoonóticas. Los valores de nitrito y fósforo estuvieron por encima de los límites de referencia, lo que indicó mala calidad del agua de cultivo. La presencia de patógenos potenciales sumado a las malas condiciones del agua en las peceras constituye un riesgo sanitario.

Declaración de conflicto de interés de los autores

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionado con el presente trabajo.

Declaración de buenas prácticas en el uso de seres vivos

Los autores declaran haber seguido todas las pautas internacionales, nacionales o institucionales aplicables para el cuidado y uso de animales en la realización del presente trabajo, según el Decreto-Ley 31/2021 “De Bienestar Animal” (GOC-2021-332-EX25) y el Decreto 38/2021 “Reglamento del Decreto-Ley 31 de Bienestar Animal” (GOC-2021-333-EX25) de Cuba.

Agradecimientos

Agradecemos a José Manuel San Fis Gort, presidente de la Asociación Cubana de Acuarofilia y al proyecto PS111LH001-007 Productos naturales para el manejo de salud de nuevas especies de interés acuícola (*Anguila rostrata* y peces ornamentales) por sus aportes en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Alcántara-Jauregui F.M., Valladares-Carranza B., Ortega C. (2022). Enfermedades bacterianas y sus agentes etiológicos identificados en peces de México - Una Revisión: Enfermedades bacterianas en peces de México. Revista MVZ Córdoba, 27(2):e2387. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2387>
- Antychowicz J. (2016). Non-infectious diseases of the inland, tropical aquarium fish. *Życie Weterynaryjne*, 91(12): 927-936.
- APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association. <https://doi.org/10.4236/aim.2013.35060>
- Boyd C.E., Tucker C.S y Somridhivej B. (2016). Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. *Journal of the world Aquaculture Society*, 47(1): 6-41. <https://doi.org/10.1111/jwas.12241>
- Briones-Pérez E., Hernández-Acosta E., Leal-Mendoza A.I., Calvario-Rivera C.I. (2017). La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4(5): 40-44.
- Carvajal J.P. (2014). Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en el Municipio de Puerto Triunfo. Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, Antioquia, Colombia.
- Cavalcante D.H., Caldini N.N, Saldanha J.L., dos Santos F. R., Do Carmo, M. V (2014). Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum. Technology*, 36(1): 49-54. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i1.18995>
- Chávez J. (2018). Parámetros Químicos Usados en Acuicultura. Fundación Sociedad Latinoamericana de Acuicultura, SLA. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/55489>
- Colusso G. (2015). Guía de buenas prácticas de producción en la Acuicultura Orgánica para unidades productivas de pequeña y mediana escala. Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Conroy D.A., Armas de Conroy G. (1987). Manual de métodos de diagnóstico en ictiopatología con especial referencia a los salmónidos. FAO, Roma. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ab469s>

- Coto M.G. (2006). Visión General del Sector Acuícola Nacional: Cuba. FAO, Roma. <http://www.fao.org/figis/servlet/static>.
- De Vicente I., Cruz L. (2003). Estudio de la carga externa e interna de fósforo y aplicación de modelos empíricos de eutrofización en las aguas de la Albufera de Adra. *Revista Limnética*, 22(2): 165–181. <https://doi.org/10.23818/limn.22.11>
- FAO (1975). Manual of methods in aquatic environment research part 1. Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. FAO Fish. Tech. Pap., No.137, FAO, Roma.
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos del desarrollo sostenible. Roma.
- García A., Calvario O. (2003). Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Trucha para la Inocuidad Alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C. Unidad Mazatlán, México.
- Garrity G. (2007). Bergey's manual of systematic bacteriology: volume 2: the Proteobacteria, part B: the Gammaproteobacteria (Vol. 2). Springer Science and Business Media.
- Garzón J.S.V., Gutiérrez-Espinosa M. C. (2019). Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista politécnica*, 15(30): 82-93. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
- Ginson J., Eborlang K., Remya K. (2017). Physicochemical and microbiological quality of aquaculture farms of Chellanam Panchayath, Ernakulam. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 5(5): 428-437.
- Kim J.H., Kang Y.J., Lee K.M. (2022). Effects of Nitrite Exposure on the Hematological Properties, Antioxidant and Stress Responses of Juvenile Hybrid Groupers, *Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus*. *Antioxidants*, 11(3): 545. <https://doi.org/10.3390/antiox11030545>
- Krishnakumar A., Patrick Anton E.S., Jayawardena U.A. (2020). Water hardness influenced variations in reproductive potential of two freshwater fish species; *Poecilia reticulata* and *Betta splendens*. *BMC Res Notes* 13: 542. <https://doi.org/10.1186/s13104-020-05382-x>
- Kurup B.M., Boopendranath M.R., Ravindran K., Banu S., Nair, A.G. (2008). Ornamental Fish Breeding, Farming and Trade. Dept. of Fisheries, Govt. of Kerala, India. 280 p.
- Li T., Abbas S, H., Yang B., Sun Y., Wang G., Sun W., Qian A., Wang C., Kang Y., Shan, X. (2020). *Aeromonas veronii* infection in Commercial Freshwater Fish: A Potential Threat to Public Health. *Animalas*, 10(4): 608. <https://doi.org/10.3390/ani10040608>
- Martín R. (2020). Infección del tracto urinario por *Pantoea agglomerans*: ¿un patógeno de pacientes inmunodeprimidos? *Revista Pediatría Atención Primaria* 21(84): 201-203.
- Miller S. M., Mitchell M. A. (2009). Ornamental fish. In Mitchell A., Tully, T.N., Manual of exotic pet practice, Elsevier Inc., pp. 39-72. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-0119-5.X5001-X>
- Mollapaza T. (2017). Evaluación de las vías de transformación de los compuestos nitrogenados en dos sistemas cerrados de cultivo de paiche *Arapaima gigas*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Monticini P. (2010). The ornamental fish trade: production and commerce of ornamental fish: technical-managerial and legislative aspects (Vol. 102). FAO, Rome.
- Nagrete P., Romero J. (1999). Presencia de bacterias patógenas en peces de ornato. *Revista Hidrobiológica*, 9(2): 85-94. <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/792>

- NC 25 (1999). Evaluación de los objetos hídricos de uso pesquero. Especificaciones. La Habana, Cuba.
- Njoku O. E., Agwa O. K., Ibiene, A. A. (2015). An investigation of the microbiological and physicochemical profile of some fishpond water within the Niger delta region of Nigeria. *EJFST*. 3(4): 20-31. <https://doi.org/10.5897/AJFS2014.1208>
- Obregón A., Andrés D. (2005). Calidad del agua y mantenimiento de acuarios. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, 6(8): 1-11.
- Oliveira R. V., Oliveira M. C., Pelli A. (2017). Disease infection by Enterobacteriaceae family in fishes: a review. *J Microbiol Exp*, 4(5): 00128. <https://doi.org/10.15406/jmen.2017.04.00128>
- Orozco D., Monroy M., Bustos J., Ocampo J., Barajas E., Ramírez J. (2022). Estatus bacteriológico y calidad del agua de cultivo en granjas acuícolas ornamentales de Morelos, México. *Revista Abanico Veterinario*. 1(12):1-19. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.25>
- Reimschuessel R, May E, Bennett R, Lypsky M. (1988). Tropical fish medicine. Necropsy examination of fish. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 18(2): 427-433. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(88\)50040-2](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(88)50040-2)
- Rivas D.S., Silva-Acuña R., Maestre R. B., Salazar A. N. (2021). Recambio de agua, su efecto sobre características físico-químicas y crecimiento en juveniles de tilapia roja. *ESPAMCIENCIA*. 12(1): 8-16. https://revistasepam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/260/246
- Romano N., Egnew N., Quintero H., Kelly A., Sinha A. K. (2020). The effects of water hardness on the growth, metabolic indicators and stress resistance of largemouth bass *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*. 527: 735469. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735469> Get rights and content
- Rosenthal S. 2007. Frecuencia de lipidosis hepática en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de fase juvenil en una piscigranja de la sierra central del Perú, Tesis de pregrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Sahoo P.R., Das P.C., Nanda S., Mohanta K.N., Sahu B., Kund G.C., Tanuja S. (2020). Influence of Water Alkalinity in Production of Stunted Fingerlings of *Catla catla* (Hamilton). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(4): 1784-1791. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.904.209>
- Trejo R., Flores K,L., Trujillo P., Granados J,G., Gómez J,L., Delgado L,A. (2021). Calidad del agua en estanques de cultivo de peces mediante algunos parámetros físicos y químicos. *Revista Brasileña de Investigaciones Animales y Ambientales, Curitiba*, 4(4): 5490-5509. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-049>
- Ullauri C., Freire S. (2019). *Citrobacter freundii* multirresistente como agente etiológico de infección de vías urinarias. *Kasmera*, 47(1): 09-13.
- Valenzuela R., Martínez P., Arévalo J.J. (2018). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis. sp*). *Ingeniería y Región*, 18(2): 25–33. <https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
- Vásquez Q.W., Talavera Núñez M., Inga Guevara M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa-Puno. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(1): 15-28.
- Whitaker M. 2006. Calcium at fertilization and in early development. *Physiological reviews*, 86: 25-88. <https://doi.org/10.1152/physrev.00023.2005>

Zepeda A.P. (2015). *Aeromonas* spp.: la infección en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su aislamiento en México. Revista AquaTIC, (42):1-16. ISSN 1578-4541

