



**STARTER**  
**MICRO START +**  
MULTIESPECIE

## EL ORIGEN DEL ÉXITO

Mayor crecimiento

Más peces viables

Protección antiviral y hepática

Mayor resistencia a enfermedades

Menor incidencia de opérculo corto

**EWOS**



metalloenzyme detection

PIONEROS EN MARCADORES FISIOLÓGICOS A NIVEL HISTOLÓGICO

**VEHICE**

www.vehice.com  
info@vehice.com  
+56 9 3910 7937



# PATOLOGÍAS NO INFECCIOSAS EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA (RAS)

Los sistemas de recirculación de agua en la acuicultura han aumentado exponencialmente en los últimos años debido a su naturaleza altamente sostenible y las múltiples ventajas que este presenta. Dentro de las principales ventajas, se encuentra el control del medio en donde se desarrollaran los peces.

## PARÁMETROS DE AGUA EN SISTEMAS RAS

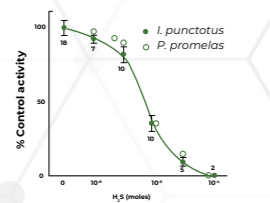
<p><b>Temperatura (°C)</b> <b>Salmón Atlántico</b> (5-15°C) <b>Salmón Coho</b> (10-12°C) <b>Trucha Arcoíris</b> (9-17°C)</p>	<p><b>pH</b> <b>&lt;4.0</b> Muerte por acidez <b>4.0-6.1</b> Bajo Crecimiento <b>6.2-7.8</b> Óptimo <b>7.9-9.0</b> Efectos negativos <b>&gt;9.0</b> Muerte por alcalinidad</p>	<p><b>Metales</b> <b>Cu</b> &lt;1,7 µg/L en agua blanda (10 mg CaCO<sub>3</sub>/L) y &lt;17 µg/L en agua dura (180 mg CaCO<sub>3</sub>/L). <b>Fe</b> &lt;300 µg/L <b>Al</b> &lt;10 µg/L lábil</p>	<p><b>Gases</b> <b>Oxígeno:</b> 80-100% saturación y &gt;5 mg/L <b>CO<sub>2</sub>:</b> &lt;15 mg/L <b>Nitrito:</b> &lt;0,1 mg/L <b>H<sub>2</sub>S:</b> &lt;0,003 mg/L</p>	<p><b>Otros</b> <b>Conductividad (mS/m):</b> entre 2 a 150 <b>Alcalinidad (mmol/L de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>):</b> 1,4 a 2,6 <b>Dureza (mg de CaCO<sub>3</sub>/L):</b> 10-400</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Esquema 1.** Rango óptimo de calidad de agua para salmónidos. Referencias: Wedemeyer, 1996; Aatland & Bjerknes, 2009; Timmons y Ebeling, 2010, U.S. EPA, 2002; FOR, 2008. Feest, Patricio & Briceño, Felipe & Gutierrez, Xavier. (2018). Calidad de agua en Sistemas de Recirculación.

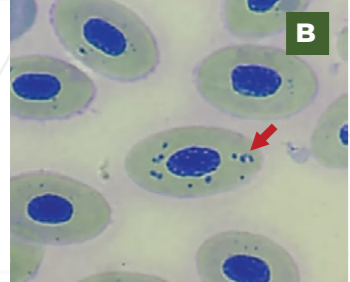
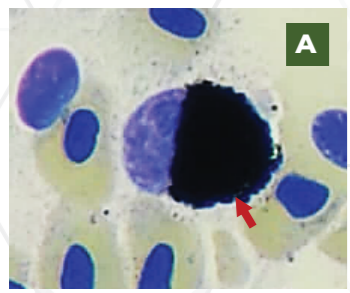
## SULFURO DE HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>S)

El **sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)** tiene su principal formación en sedimentos de materia orgánica, principalmente en biofiltros y tuberías. Este gas es extremadamente tóxico porque se une a las moléculas de hierro interrumpiendo la función de moléculas como la hemoglobina y los citocromos mitocondriales, evitando el suministro y la utilización de oxígeno.

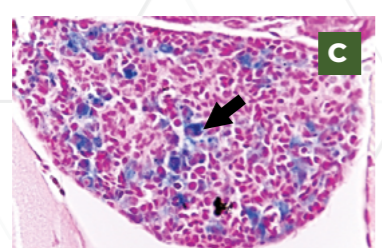
- Entre otros efectos:**
- ▶ Depresión de ventilación y circulación
  - ▶ Incremento de lactato en sangre
  - ▶ Hiperpnea transitoria en primera instancia
  - ▶ Apnea secundaria
  - ▶ Disminución de glucógeno
  - ▶ Disminución de pH
  - ▶ Hiperplasia branquial
  - ▶ Oxidación de hemoglobina formando sulfahemoglobina
  - ▶ Hemosiderosis esplénica



**Gráfico 1.** Efecto de la concentración de sulfuro sobre la actividad de la citocromo oxidasa in vitro. Extraído de Torrans & Clemens 1982.



**Imagen 1A y 1B.** Se observan cuerpos de pappenheimer intracitoplasmáticos en eritroblasto (A) y eritrocito (B).



**Imagen 1C.** Bazo. Azul de Prusia. Se observan compuestos HEM derivados de la oxidación de la hemoglobina (hemosiderosis) por intoxicación de H<sub>2</sub>S

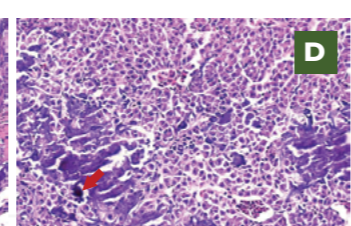
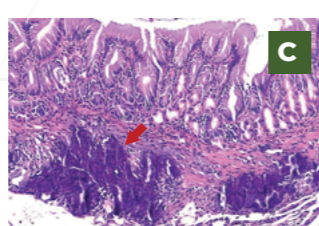
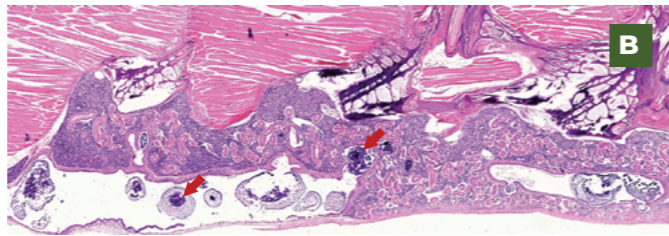
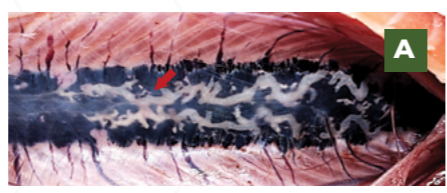
Nivel tóxico H<sub>2</sub>S: > 0,003 mg/L

Concentración Mortalidad Aguda: 0,5-10 mg/l

## DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

Altas concentraciones de **dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** generan procesos de hipercapnia. Los efectos subletales de la exposición al CO<sub>2</sub> incluyen:

- ▶ Aumento transitorio del cortisol plasmático
- ▶ Aumento transitorio del hematocrito
- ▶ Reducción sostenida del nivel de cloruro plasmático
- ▶ Disminución de flujo sanguíneo gástrico (disminución de crecimiento)
- ▶ Generación de depósitos calcáreos en diferentes órganos (riñón, estómago, hígado, corazón)
- ▶ Generación de cataratas
- ▶ Dilatación de vejiga natatoria



**Imagen 2A (Macro), 2B, 2C y 2D (H&E).** Se observa nefrocalcinosis en lumen ureteral (A y B). Calcificación de submucosa y muscular gástrica (calcinosis gástrica) (C). Calcificación de parénquima hepático (calcinosis hepática) (D).

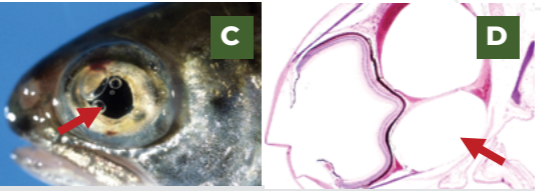
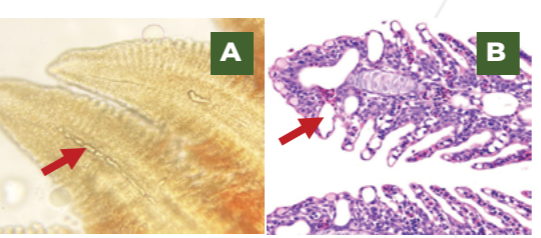
Nivel tóxico CO<sub>2</sub>: > 15 mg/L

## SATURACIÓN DE GASES

Las **burbujas de gas** son causadas por un aumento en la presión del gas disuelto por encima de la presión ambiental (sobresaturación) ya sea con N<sub>2</sub> u O<sub>2</sub>. Esto conduce a la formación de émbolos, especialmente en pequeños vasos sanguíneos, incluyendo el rete.

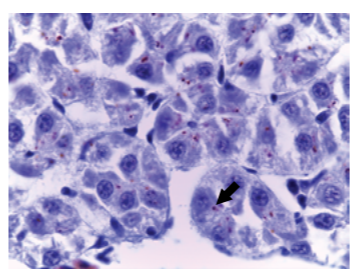
**Hallazgos histopatológicos:** émbolos de gas presionando el endotelio vascular generando una trombosis (Embolia), incluso zonas necróticas por avascularización tisular (infarto).

Nivel Tóxico sobresaturación de O<sub>2</sub>: >110%  
Nivel Tóxico sobresaturación de O<sub>2</sub> Ova y Fry: >103%



**Imagen 3A, 3B, 3C y 3D.** Se observan émbolos de gas en vasos sanguíneos de branquia (A y B). Émbolos de gas en cámara anterior (C). Émbolos de gas retrobulbares, produciendo una distorsión de la retina (D). Imágenes C y D cortesía del Dr Hugh Ferguson.

## METALES PESADOS



**Imagen 5. Hígado. IHQ.** Se observa hígado de pez con intoxicación experimental por cobre con expresión de Metaloenzima en su citoplasma hepático.

El **Al** genera procesos de disnea respiratoria, desbalances osmorregulatorios y mortalidad aguda.  
El **Fe** se adhiere a las branquias como hidróxido de hierro (Fe(OH)<sub>3</sub>), produciendo la llamada sofocación ocre.  
El **Cu** genera alteraciones osmorregulatorias, enzimáticas y mortalidad aguda.

Nivel Tóxico Cu: 2,4 µg/L (bajo 21 mg/L CaCO<sub>3</sub>) = 0,5 µg/L (185 mg/L CaCO<sub>3</sub>)  
Nivel Tóxico Al: >10 µg/L lábil > 40-50 µg/L Al total  
Nivel Tóxico Fe: > 300 µg/L

La **Metaloenzima** es la encargada de la captación de los metales en el organismo y su traspaso a proteínas plasmáticas para su posterior excreción.

## pH

### pH bajo (ácido)

- ▶ Aumento de toxicidad de metales
- ▶ Dependiente de la [ ] de amonio
- ▶ Baja la [ ] de HCO<sub>3</sub>
- ▶ Bajo 5,5 altamente estresor
- ▶ Crónico: aumento producción mucus
- ▶ Agudo: mortalidad aguda
- ▶ Más común

Nivel tóxico pH bajo: <4

### pH alto (alcalino)

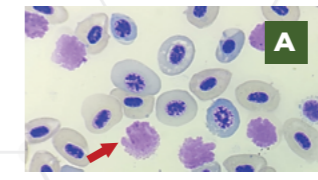
- ▶ Aumenta NH<sub>3</sub>
- ▶ Agudo: estrés agudo y producción de mucus
- ▶ Crónico: estrés crónico
- ▶ Uso inadecuado cal hidratada (aumento rápido a 11)
- ▶ Menos común

Nivel tóxico pH alto: >9

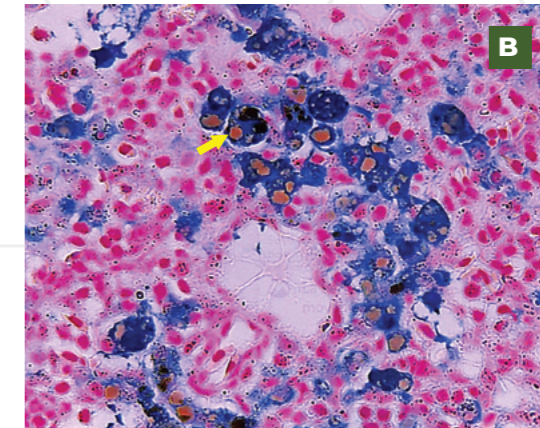
## NITRITO (NO<sub>2</sub>)

Los problemas del **nitrito** en agua dulce derivan de su afinidad con el mecanismo branquial de captación de Cl<sup>-</sup> (Cl<sup>-</sup>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), por lo tanto, siempre que el nitrito esté presente en el agua, una parte de la absorción de Cl<sup>-</sup> se desplazará a la absorción de NO<sub>2</sub>.

Desde el plasma sanguíneo, el nitrito se difunde a los eritrocitos produciendo la hemólisis de estos, oxidando el Fe de la hemoglobina (Hb) al estado de oxidación +3, generando metahemoglobina, la cual carece de la capacidad de unir oxígeno de forma reversible.

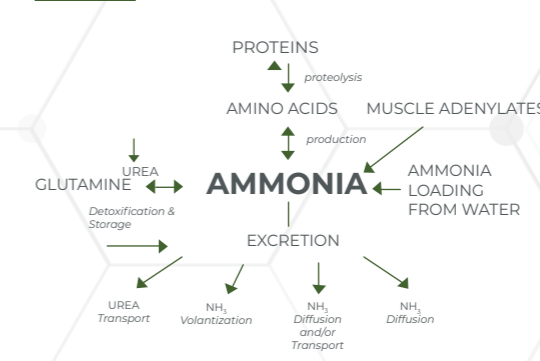


Nivel Tóxico NO<sub>2</sub>: > 1 mg/L  
NO<sub>2</sub>: > 0,1 mg/L (agua blandas)



**Imagen 4A y 4B.** Bazo. Azul de Prusia. Se observa hemosiderosis esplénica (B) por hemólisis de eritrocitos (A) y compuestos HEM (B) derivados de la oxidación de la hemoglobina por intoxicación de NO<sub>2</sub>.

## AMONIO (NH<sub>4</sub>) - AMONIACO (NH<sub>3</sub>)



**Esquema 2.** Mecanismos de disminución de toxicidad por amonio (Randall, 2002).

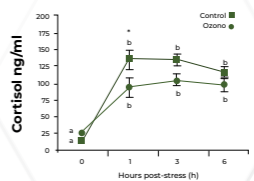
Nivel Tóxico Amoníaco: > 0,0125 mg/L

## OZONO (O<sub>3</sub>)

### Ozono

El ozono es un potente gas oxidante que ayuda a mejorar la calidad de agua en sistemas de recirculación en agua dulce (RAS), reduciendo la materia orgánica y su demanda química de oxígeno, disolviendo el carbón orgánico y los nitritos, además de producir un efecto inactivante de patógenos (Schroeder, 2011).

- ▶ Aumenta NH<sub>3</sub>
- ▶ Estrés oxidativo
- ▶ Lipidosis hepática
- ▶ Daño branquial (7 a 29 µg/L)
- ▶ Oxida Aa, ác. grasos, proteínas
- ▶ Altamente tóxico



**Gráfico 2.** Cortisol plasmático. Se observan diferencias significativas entre el grupo control y grupos expuesto a ozono.

Nivel tóxico ozono: 29 µg/L a 48 hrs