



EFFECTO DEL O₂ EN PECES

Los organismos multicelulares complejos, como los peces, han desarrollado mecanismos elaborados de los cuales se puede regular la absorción de O₂ a través de las branquias y su posterior entrega a los tejidos del cuerpo, defendiendo al animal contra el daño hipóxico o isquémico.

FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN

Los movimientos respiratorios, como el movimiento bucal-opercular y la ventilación branquial, permiten el contacto de moléculas de oxígeno (O₂) con la superficie respiratoria.

El oxígeno ingresa por presión parcial desde el agua hasta los capilares de los órganos respiratorios. Luego se une a la hemoglobina de los eritrocitos y se transporta a través del torrente sanguíneo hacia todo el organismo.

En los capilares de los tejidos, la presión parcial de oxígeno disminuye y se separa de la hemoglobina, difundiendo desde los capilares hasta las mitocondrias celulares (Perry et al., 1998).

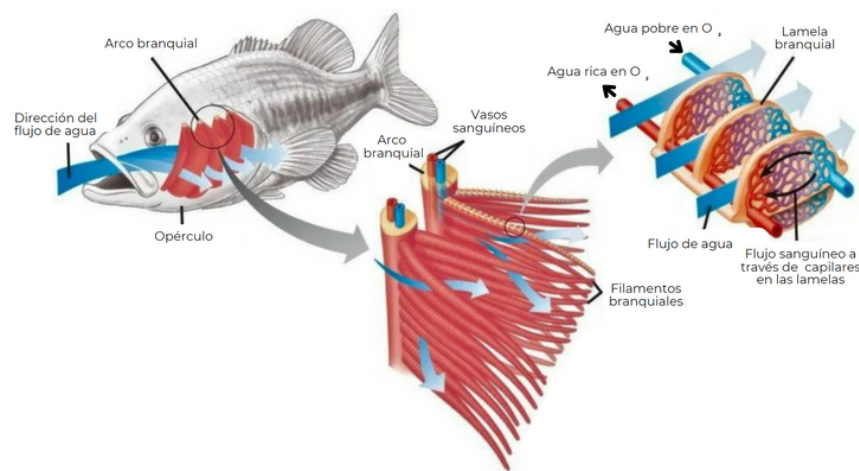


Figura 1: Esquema de branquia en pez teleosteo (Evans et al. 2005).

BRANQUIAS: PRINCIPAL ÓRGANO RESPIRATORIO

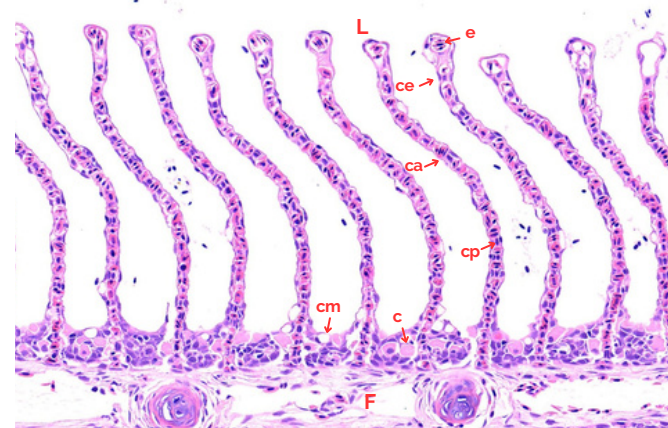


Figura 2. H&E. Corte transversal de branquia en *O. kisutch* adulto.

La estructura principal de las branquias consta de cuatro arcos branquiales, que dan origen a dos hemibranquias por arco. Cada hemibranchia está constituida por filamentos primarios y laminillas secundarias. Los filamentos (F) son las unidades funcionales básicas de las branquias, mientras que las lamelas son las unidades respiratorias básicas.

El intercambio de gases ocurre en las lamelas, donde una fina barrera entre el agua y la sangre, junto con el flujo a contracorriente, permite la absorción de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono (Torres et al., 2010).

Histológicamente, las lamelas (L) están compuestas por diferentes tipos de células, como células epiteliales (ce), células pilar (cp), células del cloro (c), células mucosas (cm) y eritrocitos (e), que se encuentran dentro de los capilares (ca) (Figura 2).

COMPORTAMIENTO DEL O₂ EN EL AGUA

La solubilidad del O₂ en el agua depende de tres factores:

- Temperatura: A medida que esta variable aumenta, la cantidad de OD disminuye.
- Presión atmosférica: Mientras más baja es la presión, menos cantidad de OD contiene el agua.
- Salinidad: A medida que esta variable aumenta, la cantidad de OD disminuye.

T° del agua (°C)	OD 100% Saturación (mg/L)	Altitud (m)	OD 100% Saturación (mg/L) a 20°C	Salinidad (ppm)	OD 100% Saturación (mg/L) a 20°C
8	11,83	0	9,08	0	9,08
14	10,29	900	8,16	5	8,81
22	8,73	1500	7,61	10	8,56
30	7,54	2100	7,08	15	8,31

Figura 3. Variación de la saturación de oxígeno disuelto (OD) en función de la temperatura, presión atmosférica y salinidad (FAO).

HIPOXIA

- Disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) por debajo de los niveles requeridos por el pez.
- Limita la capacidad de los organismos para realizar procesos metabólicos que requieren oxígeno, lo que se refleja en una disminución del apetito, el crecimiento y la actividad física (Hvas et al., 2019).
- Ambiente marino /estuario: OD < 2-3 mg O₂/L
- Agua dulce: OD < 5-6 mg O₂/L (Farrell et al. 2011).

HIPEROXIA

- Exceso de las concentraciones de O₂ en el organismo, cuando los niveles exceden la presión atmosférica normal (McArley et al., 2021).
- Provoca cambios en la ventilación, equilibrio ácido-base y gases sanguíneos: **A)** disminuye el pH en sangre arterial (pHa) y el volumen de ventilación (Vw) y **B)** aumenta la presión parcial de O₂ (PaO₂) y la presión parcial de CO₂ (PaCO₂) en 72 hrs (Estudio en *O. mykiss* por McArley et al., 2021).

SATURACIÓN DE O₂ EN LOS DISTINTOS ESTADIOS DE DESARROLLO

Una sobresaturación aguda puede resultar en Gas Bubble Disease (GBD), produciendo embolia y mortalidad. Niveles altos de sobresaturación (>110%) pueden llevar a una mortalidad aguda de peces adultos, mientras que niveles más bajos pueden causar problemas crónicos de salud (NIVA, 2016).

Estadio	Nivel máximo
Ova - Alevín - Fry	103%
Hasta smolt	105%

(Wedemeyer, 1996).



Figura 3. Trucha Arcoíris con burbujas de gas en la cámara anterior del ojo (Imagen cortesía de Dr. Hugh Ferguson).

ALTERACIONES HISTOLÓGICAS

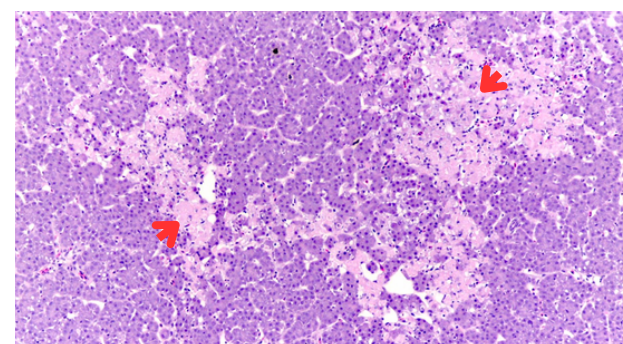


Figura 4. H&E. Necrosis isquémica centrolobulillar (flecha) en *Salmo salar*.

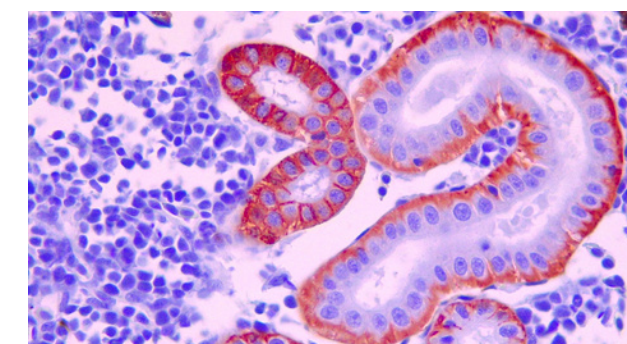


Figura 5. IHQ Hipoxia. Pez sometido a hipoxia con expresión de marcador a nivel de epitelio tubular renal. Marcador fisiológico desarrollado por VEHICE.

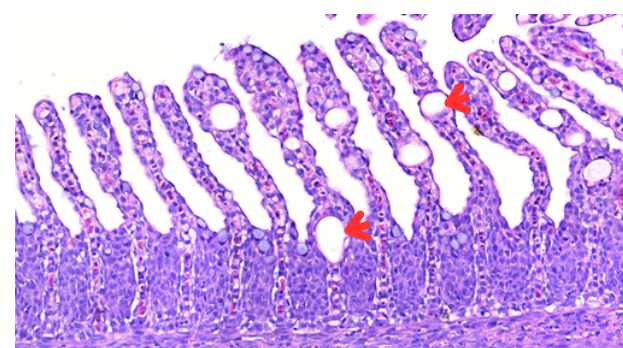


Figura 6. H&E. Émbolos de gas en vasos sanguíneos lamelares (flecha) en *S. salar*.

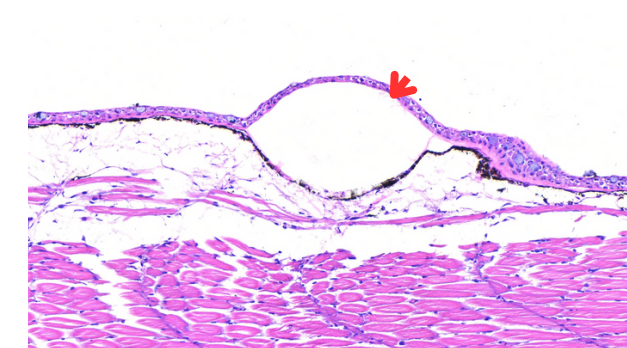


Figura 7. H&E. Émbolos de gas subepitelial (dermis) (flecha) en *O. kisutch*.