



ORIGINAL RESEARCH

## Efecto de la salinidad sobre el metabolismo y crecimiento en juveniles de lenguado *Paralichthys adspersus*

ANDRES V. ACUACHE-VILLEGAS<sup>1</sup> y JUAN C. FRANCIA-QUIROZ<sup>1, 2, \*</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Biología Marina, Universidad Científica del Sur, Carretera Panamericana Sur km 19 s/n, 15067 - Lima, Perú. <sup>2</sup>Grupo de Investigación de Comunidades Acuáticas, Universidad Científica del Sur, Carretera Panamericana Sur km 19 s/n, 15067 - Lima, Perú.  
ORCID *Andres V. Acuache-Villegas*  <https://orcid.org/0000-0002-1572-7646>, *Juan C. Francia-Quiroz*  <https://orcid.org/0000-0001-5095-6623>



**RESUMEN.** La salinidad es un factor ambiental clave que influye sobre los procesos de osmorregulación y el metabolismo energético en peces marinos; sin embargo, en especies eurihalinas como *Paralichthys adspersus*, la magnitud de estos efectos sobre el metabolismo y el crecimiento somático durante etapas juveniles aún no está completamente definida. Este costo energético, esencial para la homeostasis, no solo regula la tasa metabólica, sino que también puede afectar funciones biológicas clave, tales como el crecimiento, la reproducción y la respuesta inmune. Se evaluó el efecto de la salinidad (16 y 33) sobre el metabolismo aeróbico y el crecimiento somático de juveniles de *P. adspersus*, clasificados en tres categorías de tamaño corporal (pequeños, medianos y grandes). Los organismos fueron cultivados durante 30 días bajo un diseño factorial 3 × 2 (tamaño × salinidad), determinándose el consumo de oxígeno individual (COI), el consumo de oxígeno específico (COE), la ganancia de peso (GP), la tasa de crecimiento específico (TCE), el factor de condición (K) y la supervivencia. El COI no presentó diferencias significativas entre niveles de salinidad ( $F_{1,10} = 0,844$ ;  $p = 0,379$ ), pero aumentó significativamente con el tamaño corporal ( $F_{2,10} = 6,906$ ;  $p = 0,006$ ). El COE no mostró diferencias significativas en función de la salinidad ni del tamaño ( $p > 0,05$ ), aunque evidenció una tendencia decreciente con el incremento de la masa corporal. El peso corporal fue influenciado significativamente por el tiempo de cultivo ( $p < 0,001$ ) y por el tamaño ( $F_{2,53} = 111,53$ ;  $p < 0,001$ ), mientras que la salinidad no mostró efectos significativos ( $F_{1,53} = 2,566$ ;  $p = 0,115$ ). La GP y la TCE no presentaron diferencias significativas en función de la salinidad ni del tamaño ( $p > 0,05$ ), aunque se observaron valores ligeramente mayores a salinidad 16. El factor de condición se mantuvo estable y la supervivencia fue del 100% en todos los tratamientos. En conjunto, los resultados indican que la salinidad evaluada no afecta significativamente el metabolismo aeróbico ni el crecimiento somático en juveniles de *P. adspersus*, mientras que el tamaño corporal constituye el principal determinante del metabolismo individual y del desempeño productivo.



\*Correspondence:  
jfrancia@cientifica.edu.pe

Received: 10 March 2026  
Accepted: 8 June 2026

ISSN 2683-7595 (print)  
ISSN 2683-7951 (online)

<https://ojs.inidep.edu.ar>

Journal of the Instituto Nacional de  
Investigación y Desarrollo Pesquero  
(INIDEP)



This work is licensed under a Creative  
Commons Attribution-  
NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International License

**Palabras clave:** Acuicultura marina, osmorregulación, metabolismo aeróbico, peces planos, respirometría.

**Effect of salinity on metabolism and growth in juvenile flounder *Paralichthys adspersus***

**ABSTRACT.** Salinity is a key environmental factor influencing osmoregulatory processes and energy metabolism in marine fish; however, in euryhaline species such as *Paralichthys adspersus*, the magnitude of these effects on metabolism and somatic growth during juvenile stages remains insufficiently understood. This energetic cost, essential for maintaining homeostasis, not only regulates metabolic rate but may also affect key biological functions such as growth, reproduction, and immune response. The effect of salinity (16 and 33) on aerobic metabolism and somatic growth was evaluated in juvenile *P. adspersus*, classified into three body size categories (small, medium, and large). Fish

were cultured for 30 days under a  $3 \times 2$  factorial design (size  $\times$  salinity), and individual oxygen consumption (COI), specific oxygen consumption (CEO), weight gain (GP), specific growth rate (TCE), condition factor (K), and survival were assessed. The COI did not show significant differences between salinity levels ( $F_{1,10} = 0.844$ ;  $p = 0.379$ ), but increased significantly with body size ( $F_{2,10} = 6.906$ ;  $p = 0.006$ ). The CEO did not differ significantly as a function of salinity or size ( $p > 0.05$ ), although a decreasing trend with increasing body mass was observed. Body weight was significantly influenced by culture time ( $p < 0.001$ ) and size ( $F_{2,53} = 111.53$ ;  $p < 0.001$ ), while salinity had no significant effect ( $F_{1,53} = 2.566$ ;  $p = 0.115$ ). The GP and TCE showed no significant differences as a function of salinity or size ( $p > 0.05$ ), although slightly higher values were observed at 16. The condition factor remained stable and survival reached 100% in all treatments. Overall, results indicate that the evaluated salinity does not significantly affect aerobic metabolism or somatic growth in juvenile *P. adspersus*, whereas body size represents the main determinant of individual metabolic rate and growth performance.

**Key words:** Marine aquaculture, osmoregulation, aerobic metabolism, flatfish, respirometry.

---

## INTRODUCCIÓN

---

*Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867), comúnmente conocido como “lenguado”, es una especie endémica de las costas del Pacífico de América del Sur, cuya distribución se extiende desde Paita en el norte de Perú hasta el Golfo de Arauco en el sur de Chile (Sielfeld et al. 2003). Este pez plano es altamente valorado en el mercado debido a la excelente calidad nutricional de su carne, la cual es rica en ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), particularmente el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) (Piaget et al. 2011; Cerdá y Manchado 2013; Mendez et al. 2018).

En su hábitat natural, *P. adspersus* presenta un crecimiento relativamente lento, alcanzando tallas comerciales de entre 40 y 47 cm en un período de tres a cuatro años (Angeles y Mendo 2005). No obstante, en sistemas de cultivo controlado se ha logrado reducir el tiempo de engorde a aproximadamente 2,8 años mediante el uso de dietas formuladas y la adaptación de técnicas empleadas en otras especies de peces planos, como *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) (Silva et al. 2001). Esta optimización tecnológica ha impulsado la investigación científica sobre la especie, con un enfoque creciente en la sostenibilidad y el rendimiento productivo a escala comercial (Silva et al. 2001; Silva 2008; Carrera et al. 2013; Orihuela 2015).

La heterogeneidad en el crecimiento de los peces planos ha sido ampliamente documentada en especies como *S. maximus* (Gaumet et al. 1995), *Solea senegalensis* (Kaup, 1858) (Salas-Leiton et al. 2010), *Hippoglossus hippoglossus* (Linnaeus, 1758) (Stefánsson et al. 2000) y el propio *P. adspersus* (Silva 2008). Esta variabilidad se atribuye principalmente a diferencias iniciales de talla y a dinámicas sociales de dominancia jerárquica (Gaumet et al. 1995; Stefánsson et al. 2000; Salas-Leiton et al. 2010). En el cultivo de *S. senegalensis*, se han explorado estrategias para mitigar esta disparidad, tales como el uso de probióticos, aunque los resultados han sido inconsistentes (Strand y Oiestad 1997; Stefánsson et al. 2000; Salas-Leiton et al. 2010; Sánchez et al. 2010; Lobo et al. 2014).

Entre los factores ambientales que influyen en el crecimiento de los peces marinos, la salinidad se destaca por su impacto directo sobre los procesos de osmorregulación y el metabolismo energético (Bœuf y Payan 2001; Arjona et al. 2009). Para mantener el equilibrio osmótico frente a variaciones del medio, los organismos deben realizar un considerable gasto energético asociado a mecanismos fisiológicos como la absorción activa de agua y la excreción de sales, procesos que tienen lugar principalmente a nivel del epitelio gastrointestinal, las branquias y los riñones (Nordlie 2009; Quintana 2009; Ern y Esbaugh 2018). Este costo energético, esencial para la homeostasis, no solo regula la tasa metabólica, sino que también puede influir negativamente sobre funciones biológicas

clave, tales como el crecimiento, la reproducción y la respuesta inmune (Ackerman et al. 2000; Chen et al. 2009; Nordlie 2009; Christensen et al. 2018).

El consumo de oxígeno (CO) es un indicador fisiológico fundamental para evaluar la tasa metabólica, permitiendo inferir el uso de energía y los niveles de estrés (Torres Saldaña y Huaranga Moreno 2017). La medición del CO se ha consolidado como una herramienta clave para identificar las condiciones ambientales óptimas que favorecen el máximo incremento de biomasa (Shi et al. 2010). En teleósteos, el CO es una respuesta modulada por factores abióticos como la salinidad (Tseng y Hwang 2008), reflejando los ajustes metabólicos necesarios para mantener el equilibrio osmótico interno (Pérez 2010). Sin embargo, la respuesta del CO en peces aclimatados a diferentes ambientes osmóticos varía significativamente según la especie y el diseño experimental (Tseng y Hwang 2008). Para evaluar el metabolismo en relación con la osmorregulación, se emplean diversos métodos respirométricos (Calderer 2001; Abdo-de la Parra et al. 2016), dado que los cambios en la salinidad afectan directamente los mecanismos osmorreguladores y se manifiestan en el CO (Salvato et al. 2001; Zheng et al. 2008).

En este contexto, determinar las condiciones óptimas de salinidad para el cultivo de *P. adspersus* es crucial desde una perspectiva biológica y económica, contribuyendo los hallazgos en esta área al desarrollo de prácticas acuícolas sostenibles (Tandler et al. 1995; Laing 2002; Partridge y Jenkins 2002; Gillikin et al. 2004; Faulk y Holt 2006). En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dos niveles de salinidad (16 y 33) sobre el consumo de oxígeno (CO), las tasas de crecimiento y la supervivencia de juveniles de *P. adspersus* provenientes de una misma cohorte, considerando la influencia del tamaño individual en la respuesta fisiológica, lo que permitirá avanzar en la comprensión del manejo óptimo para esta valiosa especie.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

---

### Obtención y acondicionamiento de los ejemplares

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Larvicultura Experimental de la Universidad Científica del Sur (CIENTÍFICA), utilizando juveniles de *P. adspersus* obtenidos del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), producto de una reproducción inducida entre un macho y dos hembras, siguiendo los protocolos establecidos por Carrera et al. (2013). Los ejemplares fueron sometidos a un proceso de acondicionamiento osmótico durante un período de 15 días, mediante una reducción gradual de la salinidad a razón de cinco unidades cada dos días, hasta alcanzar 16. Este nivel se mantuvo constante durante el período experimental en las unidades asignadas a dicho tratamiento. Durante la fase de acondicionamiento se monitorearon indicadores de bienestar, incluyendo la ingesta alimentaria y la ausencia de comportamientos anómalos, como el nado errático.

### Cultivo de juveniles

Se seleccionaron 36 juveniles de *P. adspersus* provenientes de una misma cohorte, los cuales fueron clasificados en tres categorías según su peso corporal inicial: pequeños (P:  $9,30 \pm 2,04$  g;  $n = 12$ ), medianos (M:  $14,49 \pm 0,47$  g;  $n = 12$ ) y grandes (G:  $22,14 \pm 0,30$  g;  $n = 12$ ). Los organismos fueron distribuidos en 12 unidades experimentales (acuarios de 30 l), bajo un diseño factorial  $3 \times 2$  (tamaño  $\times$  salinidad), con dos réplicas por tratamiento. Cada unidad experimental contuvo individuos de un solo tamaño, expuestos a salinidades 16 o 33, manteniendo una densidad de cultivo de  $1,5 \text{ g l}^{-1}$  conforme a lo recomendado por Leonardi et al. (2010). El sistema de cultivo correspondió a un sistema de recirculación de agua (RAS, Recirculating Aquaculture System) a escala de laborato-

rio, equipado con filtración biológica y mecánica, aireación continua mediante difusores y control de temperatura mediante termostatos, y las unidades experimentales eran de vidrio con fondo plano (60 × 40 × 20 cm).

El fotoperiodo fue de 12 h luz: 12 h oscuridad (12L:12O), controlado mediante temporizadores automáticos. Los parámetros fisicoquímicos del agua se monitorearon diariamente mediante sensores multiparamétricos calibrados, manteniéndose dentro de los siguientes rangos: temperatura (18,0 ± 0,5 °C), oxígeno disuelto (> 7 mg l<sup>-1</sup>) y pH (7,8 ± 0,2), de acuerdo con los criterios establecidos por Carrera et al. (2013), Orihuela (2015) y Puente (2021). Estos valores garantizan condiciones adecuadas para el metabolismo y bienestar de los organismos, conforme a Wurts y Durborow (1992). Los peces fueron alimentados dos veces al día hasta saciedad aparente con un alimento comercial peletizado (OTOHIME™, Marubeni Nisshin Feed, Tokio, Japón), con 53,74% de proteína cruda, 12,01% de lípidos, 6,28% de humedad y 13,92% de cenizas.

### Determinación del consumo de oxígeno individual (COI) y específico (COE)

El consumo de oxígeno se evaluó mediante ensayos respirométricos individuales en cámaras de vidrio selladas de 1,5 l, colocando un pez por cámara. Se realizaron tres mediciones por cada combinación de tamaño corporal y nivel de salinidad (16 y 33). El consumo de oxígeno individual (COI, mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) y el consumo de oxígeno específico (COE, mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) se estimaron a partir de la variación en la concentración de oxígeno disuelto en el agua durante intervalos de incubación de 60 min, atribuida a la actividad respiratoria del pez. La concentración de oxígeno disuelto se determinó mediante el método de Winkler modificado, siguiendo los procedimientos descritos por Torres Saldaña y Huaranga Moreno (2017) y Latorre (2017). Las fórmulas utilizadas para calcular el COI y el COE fueron las siguientes:

- Consumo de oxígeno individual (COI, mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>):

$$\text{COI} = ((\text{ODi} - \text{ODf}) \times V) / T$$

donde ODi es la concentración de oxígeno disuelto inicial (mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>), ODf es la concentración de oxígeno disuelto final (mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>), V es el volumen útil del respirómetro (l) y T es el tiempo de incubación en horas (h).

- Consumo de oxígeno específico (COE, mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>):

$$\text{COE} = \text{COI} / P$$

donde COI es el consumo de oxígeno individual (mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) y P es el peso húmedo del organismo (g).

### Indicadores de crecimiento y supervivencia

Para evaluar el crecimiento somático se calcularon la ganancia de peso absoluta (GP, la tasa de crecimiento específico (TCE) y el factor de condición (K), según De Ciechowski et al. (1986), De Almeida et al. (2009), Jobling (1994) y Andrade de Pasquier et al. (2011), respectivamente. La supervivencia se determinó como el porcentaje de individuos vivos al final del experimento respecto al número inicial. Las ecuaciones utilizadas fueron:

- Ganancia de peso absoluta (GP, g):

$$\text{GP} = \text{Pf} - \text{Pi}$$

donde Pf es el peso promedio final (g) y Pi es el peso promedio inicial (g). Este indicador representa el incremento absoluto de biomasa durante el período experimental y es ampliamente utilizado en estudios de crecimiento en peces (Jobling 1994). En este estudio, las comparaciones se realizaron dentro de cada categoría de tamaño inicial, por lo que la ganancia de peso absoluta se consideró adecuada para evaluar el desempeño de crecimiento.

- Tasa de crecimiento específico (TCE, % d<sup>-1</sup>):

$$\text{TCE} = [(\ln P_f - \ln P_i) / T] \times 100$$

donde  $P_f$  es el peso promedio final (g),  $P_i$  es el peso promedio inicial (g) y T es el tiempo en días (d) (Ricker 1975; Jobling 1994).

- Factor de condición (K)

$$K = (P \times 100) / L^3$$

donde P es el peso (g) y L es la longitud total (cm). Este índice expresa el estado nutricional y de bienestar relativo del individuo respecto a su longitud, siendo ampliamente utilizado en estudios de crecimiento en peces planos (Andrade de Pasquier et al. 2011).

La supervivencia se determinó como el porcentaje de individuos vivos al final del experimento respecto al número inicial.

### Análisis estadísticos

El experimento se estructuró bajo un diseño factorial  $3 \times 2$ , considerando como factores fijos el tamaño corporal de los juveniles (P, M y G) y la salinidad (16 y 33), con dos réplicas por cada combinación de tratamientos. Para las variables metabólicas (consumo de oxígeno individual COI y consumo de oxígeno específico COE) y los indicadores de crecimiento (ganancia de peso GP, tasa de crecimiento específico TCE y factor de condición K), se aplicaron análisis de varianza (ANOVA). Específicamente, se utilizó un ANOVA factorial de dos vías (salinidad  $\times$  tamaño) para evaluar los efectos principales y su interacción. En el caso del peso corporal, se empleó un ANOVA factorial de tres vías, considerando adicionalmente el factor tiempo (día 0 y día 30).

Previamente al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. En los casos en que se observaron desviaciones leves de estos

supuestos, se mantuvo el uso del ANOVA debido a su reconocida robustez frente a desviaciones moderadas en diseños factoriales balanceados. Cuando se detectaron efectos significativos ( $p < 0,05$ ), se realizaron comparaciones múltiples entre niveles del factor tamaño mediante la prueba *post hoc* de Tukey (HSD). En ausencia de efectos significativos, no se realizaron comparaciones *post hoc*.

Las mediciones fueron obtenidas a nivel individual; sin embargo, los organismos se mantuvieron dentro de unidades experimentales independientes (acuarios), por lo que se asumió independencia entre observaciones dentro de cada tratamiento. El nivel de significancia adoptado fue  $\alpha = 0,05$  en todos los análisis. Los resultados se expresan como media  $\pm$  desviación estándar (DE). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el *software* IBM SPSS Statistics versión 25.

---

## RESULTADOS

---

### Parámetros fisicoquímicos del agua

Durante los 30 días del período experimental, los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de *P. adspersus* (Tabla 1). La salinidad se mantuvo cercana a los valores nominales (16 y 33), con variaciones mínimas entre unidades experimentales. La temperatura osciló entre 17,3 y 19,4 °C, el oxígeno disuelto entre 6,68 y 7,19 mg l<sup>-1</sup>, y el pH se mantuvo próximo a la neutralidad en todos los tratamientos.

### Consumo de oxígeno individual (COI) y específico (COE)

El análisis de varianza factorial evidenció que el consumo de oxígeno individual (COI) no fue afectado significativamente por el día de muestreo ( $F_{1,10} = 2,720$ ;  $p = 0,117$ ) ni por la salinidad ( $F_{1,10} = 0,844$ ;  $p = 0,379$ ), ni por sus interacciones ( $p$

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos (medias  $\pm$  DE) de calidad de agua para el cultivo de juveniles de *Paralichthys adspersus*, según grupos por peso (P: pequeños, M: medianos, G: grandes) y dos salinidades (16 y 33).

Table 1. Physicochemical water quality parameters (means  $\pm$  SD) for the culture of juvenile *Paralichthys adspersus*, according to weight groups (P: small, M: medium, G: large) and two salinities (16 and 33).

	Grupo por peso (g) y salinidad						
	P-16	M-16	G-16	P-33	M-33	G-33	
Salinidad	15,65 $\pm$ 1,38	15,65 $\pm$ 1,70	15,53 $\pm$ 1,21	33,98 $\pm$ 1,29	33,53 $\pm$ 1,27	34,03 $\pm$ 0,90	
Oxígeno disuelto	mg l <sup>-1</sup>	6,69 $\pm$ 0,47	6,79 $\pm$ 0,46	7,12 $\pm$ 0,21	6,68 $\pm$ 0,49	6,79 $\pm$ 0,36	7,19 $\pm$ 0,30
	%	89,43 $\pm$ 3,90	89,41 $\pm$ 4,21	92,33 $\pm$ 2,84	88,29 $\pm$ 4,40	89,41 $\pm$ 3,35	92,32 $\pm$ 3,09
Temperatura	°C	19,43 $\pm$ 1,30	18,75 $\pm$ 1,17	17,79 $\pm$ 0,38	18,80 $\pm$ 1,66	18,75 $\pm$ 1,49	17,34 $\pm$ 0,68
pH		7,00 $\pm$ 0,00	7,00 $\pm$ 0,00	7,00 $\pm$ 0,00	6,97 $\pm$ 0,11	7,00 $\pm$ 0,08	7,00 $\pm$ 0,00

> 0,05; Tabla 2). Sin embargo, el factor tamaño corporal mostró un efecto significativo sobre el COI ( $F_{2,10} = 6,906$ ;  $p = 0,006$ ; Tabla 2). Las comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey indicaron que los juveniles medianos (M) y grandes (G) presentaron valores significativamente mayores que los juveniles pequeños (P) ( $p < 0,05$ ), sin diferencias significativas entre M y G. Los valores de COI variaron entre  $1,86 \pm 0,18$  y  $5,90 \pm 0,00$  mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>, evidenciando un incremento en función del tamaño corporal, independientemente del tratamiento de salinidad (Tabla 2). En contraste, el consumo de oxígeno específico (COE) no presentó diferencias significativas en función del día ( $F_{1,10} = 0,522$ ;  $p = 0,480$ ), la salinidad ( $F_{1,10} = 1,233$ ;  $p = 0,284$ ), ni el tamaño corporal ( $F_{2,10} = 1,436$ ;  $p = 0,265$ ), ni en sus interacciones ( $p > 0,05$ ; Tabla 2). No obstante, se observaron valores relativamente mayores en los individuos de menor tamaño.

### Peso corporal y efecto de los factores experimentales

El peso corporal de los juveniles de *P. adspersus* mostró un incremento sostenido entre el inicio (día 0) y el final (día 30) del experimento en todos los tratamientos, tanto para los niveles de salinidad evaluados como para las tres categorías de tamaño (Ta-

bla 3). El análisis de varianza factorial evidenció que el peso corporal fue significativamente influenciado por el tiempo de cultivo ( $F_{1,53} = 24,468$ ;  $p < 0,001$ ) y por la categoría de tamaño inicial ( $F_{2,53} = 111,534$ ;  $p < 0,001$ ), mientras que la salinidad no presentó un efecto significativo ( $F_{1,53} = 2,566$ ;  $p = 0,115$ ; Tabla 4). Asimismo, ninguna de las interacciones entre factores resultó significativa ( $p > 0,05$  en todos los casos; Tabla 4), indicando que los efectos del tiempo y del tamaño corporal actuaron de manera independiente. El modelo explicó el 85,2% de la variabilidad total del peso corporal ( $R^2 = 0,852$ ; Tabla 4).

A nivel descriptivo (Tabla 3), los juveniles de todas las categorías mostraron incrementos de peso en ambos tratamientos de salinidad. En el tratamiento a salinidad 16, los valores de peso final (Pf) oscilaron entre  $13,44 \pm 0,20$  g (P) y  $31,10 \pm 6,31$  g (G), mientras que a salinidad 33 variaron entre  $11,13 \pm 3,84$  g (P) y  $28,57 \pm 0,48$  g (G). Aunque los peces cultivados a salinidad 16 presentaron valores finales ligeramente superiores, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas en el modelo factorial. Las comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey confirmaron diferencias altamente significativas entre las tres categorías de tamaño ( $p < 0,001$ ), estableciendo tres subconjuntos homogéneos claramente diferenciados: pequeños < medianos < grandes (Tabla 4).

Tabla 2. Consumo de oxígeno individual (COI, mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) y consumo de oxígeno específico (COE, mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (medias ± DE) de juveniles de *Paralichthys adspersus* al inicio (día 0) y al final (día 30) del experimento, según grupo por peso (P: pequeños, M: medianos, G: grandes) y salinidad (16 y 33).

Table 2. Individual oxygen consumption (COI, mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>) and specific oxygen consumption (COE, mg O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) (means ± SD) of juvenile *Paralichthys adspersus* at the beginning (day 0) and end (day 30) of the experiment, according to weight group (P: small, M: medium, G: large) and salinity treatment (16 and 33).

Salinidad	Grupo por peso (g)	COI <sub>(día 0)</sub>	COI <sub>(día 30)</sub>	COE <sub>(día 0)</sub>	COE <sub>(día 30)</sub>
16	P	2,59 ± 1,90 <sup>ab</sup>	3,63 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,15 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>a</sup>
	M	4,76 ± 0,58 <sup>bc</sup>	5,39 ± 0,58 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>a</sup>
	G	5,71 ± 0,00 <sup>c</sup>	5,32 ± 0,87 <sup>b</sup>	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,05 <sup>a</sup>
33	P	1,86 ± 0,18 <sup>a</sup>	3,12 ± 1,20 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,09 <sup>a</sup>
	M	3,11 ± 1,67 <sup>ab</sup>	3,57 ± 1,20 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,03 <sup>a</sup>
	G	4,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	5,90 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,14 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,00 <sup>a</sup>

Letras minúsculas distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas entre grupos (HSD de Tukey,  $p < 0,05$ ). Las comparaciones se realizaron de forma independiente dentro de cada columna para cada variable y día de muestreo.

Different lowercase letters within each column indicate significant differences among groups (Tukey's HSD,  $p < 0.05$ ). Comparisons were performed independently within each column for each variable and sampling day.

Tabla 3. Peso inicial (P<sub>i</sub>) y final (P<sub>f</sub>) y longitud total inicial (LT<sub>i</sub>) y final (LT<sub>f</sub>) (medias ± DE) de juveniles de *Paralichthys adspersus*, según grupo por peso (P: pequeños, M: medianos, G: grandes) y salinidad (16 y 33).

Table 3. Initial (P<sub>i</sub>) and final (P<sub>f</sub>) weight and initial (LT<sub>i</sub>) and final (LT<sub>f</sub>) total length (means ± SD) of juvenile *Paralichthys adspersus*, according to weight group (P: small, M: medium, G: large) and salinity treatment (16 and 33).

Salinidad	Grupo por peso (g)	P <sub>(i)</sub> (g)	P <sub>(f)</sub> (g)	LT <sub>(i)</sub> (cm)	LT <sub>(f)</sub> (cm)
16	P	10,61 ± 1,48 <sup>a</sup>	13,44 ± 0,20 <sup>a</sup>	9,29 ± 1,29 <sup>a</sup>	10,33 ± 0,29 <sup>a</sup>
	M	16,21 ± 1,68 <sup>b</sup>	20,60 ± 2,06 <sup>b</sup>	10,92 ± 0,38 <sup>b</sup>	11,93 ± 0,53 <sup>b</sup>
	G	23,22 ± 4,41 <sup>c</sup>	31,10 ± 6,31 <sup>c</sup>	12,25 ± 0,87 <sup>c</sup>	13,33 ± 1,03 <sup>c</sup>
33	P	8,44 ± 3,06 <sup>a</sup>	11,13 ± 3,84 <sup>a</sup>	9,21 ± 1,04 <sup>a</sup>	9,79 ± 1,25 <sup>a</sup>
	M	15,51 ± 1,98 <sup>b</sup>	18,80 ± 3,09 <sup>b</sup>	10,57 ± 0,45 <sup>ab</sup>	11,50 ± 0,71 <sup>b</sup>
	G	24,62 ± 3,80 <sup>c</sup>	28,57 ± 0,48 <sup>c</sup>	12,38 ± 0,48 <sup>c</sup>	13,33 ± 0,29 <sup>c</sup>

Letras minúsculas distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas entre grupos (HSD de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Different lowercase letters within each column indicate significant differences between groups (Tukey's HSD,  $p < 0.05$ ).

### Indicadores de crecimiento y supervivencia

La ganancia de peso (GP) no presentó diferencias significativas entre salinidades ( $F_{1,10} = 1,575$ ;  $p = 0,278$ ) ni entre tamaños ( $F_{2,10} = 1,403$ ;  $p = 0,371$ ; Tabla 5), aunque los valores más elevados se registraron en los juveniles grandes (G) a salinidad 16. La

tasa de crecimiento específico tampoco mostró diferencias significativas en función de la salinidad ( $F_{1,4} = 1,611$ ;  $p = 0,273$ ) ni del tamaño ( $F_{2,3} = 0,210$ ;  $p = 0,822$ ; Tabla 5), aunque se observó una tendencia hacia mayores valores en el tratamiento a salinidad 16. En nuestro estudio, el factor de condición (K) no presentó diferencias significativas por salinidad

Tabla 4. Resultados del análisis de varianza factorial (ANOVA de tres vías) para el peso corporal (g) de juveniles de *Paralichthys adspersus*, con los factores Día (0 y 30), Salinidad (16 y 33) y Tamaño (pequeño, mediano, grande), y prueba *post hoc* de HSD de Tukey para el factor Tamaño.

Table 4. Results of the three-way factorial ANOVA for body weight (g) of juvenile *Paralichthys adspersus*, with factors Day (0 and 30), Salinity (16 and 33) and Size (small, medium, large), and Tukey's HSD *post hoc* test for the Size factor.

Fuente de variación	SC tipo III	gl	CM	F	p
Modelo corregido	3.163,525	11	287,593	27,683	< 0,001
Día	254,191	1	254,191	24,468	< 0,001
Salinidad	26,655	1	26,655	2,566	0,115
Tamaño	2.317,409	2	1.158,704	111,534	< 0,001
Día × Salinidad	10,822	1	10,822	1,042	0,312
Día × Tamaño	22,893	2	11,447	1,102	0,340
Salinidad × Tamaño	6,620	2	3,310	0,319	0,729
Día × Salinidad × Tamaño	8,552	2	4,276	0,412	0,665
Error	550,604	53	10,389		
Total corregido	3.714,129	64			

$R^2 = 0,852$  ( $R^2$  ajustado = 0,821). HSD de Tukey-Tamaño: pequeño ( $10,48 \pm 3,07$  g)<sup>a</sup> < mediano ( $17,72 \pm 2,96$  g)<sup>b</sup> < grande ( $27,28 \pm 5,52$  g)<sup>c</sup> (todas las comparaciones:  $p < 0,001$ ).

$R^2 = 0,852$  (adjusted  $R^2 = 0,821$ ). Tukey's HSD-Size: small ( $10.48 \pm 3.07$  g)<sup>a</sup> < medium ( $17.72 \pm 2.96$  g)<sup>b</sup> < large ( $27.28 \pm 5.52$  g)<sup>c</sup> (all comparisons:  $p < 0.001$ ).

Tabla 5. Ganancia de peso (GP), tasa de crecimiento específica (TCE), factor de condición (K) y supervivencia (S) (medias ± DE) de juveniles de *Paralichthys adspersus*, según grupos por tamaño (P: pequeños, M: medianos, G: grandes) y dos salinidades (16 y 33).

Table 5. Weight gain (GP), specific growth rate (TCE), condition factor (K), and survival (S) (means ± SD) of juvenile *Paralichthys adspersus*, according to size groups (P: small, M: medium, G: large) and two salinities (16 and 33).

Salinidad	Grupo por peso (g)	GP (g)	TCE (% día <sup>-1</sup> )	K	S (%)
16	P	$2,83 \pm 1,29$	$0,79 \pm 0,07$	$1,22 \pm 0,09$	100
	M	$4,59 \pm 0,38$	$0,83 \pm 0,01$	$1,21 \pm 0,09$	100
	G	$7,88 \pm 1,90$	$0,98 \pm 0,01$	$1,30 \pm 0,10$	100
33	P	$2,69 \pm 0,78$	$0,93 \pm 0,01$	$1,14 \pm 0,09$	100
	M	$3,29 \pm 1,11$	$0,64 \pm 0,01$	$1,23 \pm 0,12$	100
	G	$3,95 \pm 0,33$	$0,50 \pm 0,07$	$1,21 \pm 0,08$	100

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para GP, TCE ni K (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

No significant differences were detected among treatments for GP, TCE, or K (ANOVA,  $p > 0.05$ ).

( $F_{1,53} = 1,031$ ;  $p = 0,315$ ), tamaño ( $F_{2,53} = 0,102$ ;  $p = 0,903$ ) ni por su interacción ( $F_{2,53} = 1,000$ ;  $p = 0,375$ ; Tabla 5). Los valores de K fueron superiores a 1,0 en todos los tratamientos. Finalmente, la supervivencia fue del 100% en todos los tratamientos (Tabla 5).

---

## DISCUSIÓN

---

El Orden Pleuronectiformes, que incluye a la Familia Paralichthyidae donde se clasifica *P. adspersus*, comprende especies con una marcada plasticidad fisiológica frente a gradientes de salinidad, muchas de ellas asociadas a ambientes estuarinos o salobres. Ejemplos representativos incluyen *P. lethostigma* (salinidad 0-10), *P. dentatus* (salinidad 10-30) y *P. olivaceus* (salinidad 8-30), lo que se ha relacionado con su origen marino en regiones con fuerte influencia fluvial (Ruiz-Jarabo et al. 2014). En estos ambientes, los peces pueden aproximarse a condiciones isoosmóticas, reduciendo el costo energético asociado a la osmorregulación (Bœuf y Payan 2001; Sampaio y Bianchini 2002; Arjona et al. 2009; Ruiz-Jarabo et al. 2014; Abou Anni et al. 2016), lo que favorecería la reasignación energética hacia procesos como el crecimiento (Barreto-Curiel et al. 2015; Ern y Esbaugh 2018). Este patrón ha sido documentado en especies como *S. maximus* (Gaumet et al. 1995) y *Rachycentron canadum* (Chen et al. 2009).

En el presente estudio, el consumo de oxígeno individual (COI) no mostró diferencias significativas entre salinidades, pero sí presentó un efecto significativo del tamaño corporal. Este resultado confirma que el metabolismo absoluto está fuertemente determinado por la biomasa, en concordancia con los principios establecidos por Fry (1971) y Aristizábal (2006), donde la tasa metabólica total incrementa con el peso corporal. En este contexto, los mayores valores de COI observados en los grupos medianos y grandes responden principalmente a un efecto estructural del tamaño, más que a una respuesta fisiológica directa a la salinidad.

En contraste, el consumo de oxígeno específico (COE), que permite normalizar el metabolismo en función de la masa, no mostró diferencias significativas en función de la salinidad, el tamaño ni el tiempo experimental. Este resultado indica que el metabolismo específico de los juveniles de *P. adspersus* se mantiene estable en el rango de salinidades evaluado. No obstante, los valores descriptivos evidenciaron un patrón consistente de mayores tasas metabólicas específicas en los individuos de menor tamaño, lo cual es coherente con la relación alométrica inversa entre masa corporal y metabolismo específico descrita para teleósteos (Tseng y Hwang 2008). Este comportamiento también ha sido reportado en especies marinas (*Dentex dentex*, Cerezo y García 2004) y continentales (*Colosso ma macropomum*, Tomalá et al. 2014), donde los estadios juveniles presentan mayores demandas energéticas relativas asociadas a procesos de crecimiento. Aunque el COE tendió a ser ligeramente mayor en la salinidad 16, la ausencia de diferencias significativas sugiere que el costo energético de la osmorregulación en el rango estudiado no genera una respuesta metabólica detectable a nivel específico. Este hallazgo es consistente con la capacidad eurihalina de la especie, la cual permitiría mantener el equilibrio osmótico sin incrementos sustanciales en el gasto energético, en concordancia con lo señalado por Bœuf y Payan (2001) y Ruiz-Jarabo et al. (2014).

En relación con el crecimiento, el peso corporal estuvo significativamente influenciado por el tiempo de cultivo y por el tamaño inicial, confirmando que ambos factores constituyen los principales determinantes del desempeño productivo. La falta de efecto significativo de la salinidad y de las interacciones indica que los peces mantuvieron un crecimiento comparable en ambas condiciones evaluadas. Este patrón coincide con la teoría bioenergética postulada por Jobling (1994) y Brett y Groves (2024), donde el tamaño inicial condiciona las tasas de crecimiento y el uso de energía en peces. Los indicadores de crecimiento (GP y TCE) no mostraron diferencias significativas en función de

la salinidad ni del tamaño, lo que refuerza la idea de que *P. adspersus* mantiene un desempeño somático estable dentro del rango evaluado. Sin embargo, a nivel descriptivo, se observaron valores ligeramente mayores de GP y TCE a salinidad 16. Aunque estas diferencias no pueden ser inferidas estadísticamente, el patrón observado es consistente con lo reportado en diversas especies marinas, incluyendo especies del Género *Paralichthys* como *P. orbignyanus* (Müller et al. 2006), cuyos valores de TCE se han estimado en individuos de gran tamaño (~ 500 g a 1.000 g), y *P. olivaceus* (Cho et al. 2006), evaluado en juveniles (~ 17 g), así como en *Seriola lalandi*, *Sparus aurata* y *Gadus morhua*, donde salinidades intermedias o reducidas han sido asociadas a mejores tasas de crecimiento (Tandler et al. 1995; Bœuf y Payan 2001; Laiz-Carrión et al. 2005; Ruiz-Jarabo et al. 2014; Blanco-García et al. 2015; Wu et al. 2017). No obstante, estas comparaciones deben interpretarse con cautela, dado que la tasa de crecimiento específico está fuertemente influenciada por el tamaño corporal de los organismos (con valores típicamente menores en individuos de mayor tamaño) y las condiciones experimentales, lo que limita la comparabilidad directa entre estudios. En este contexto, el patrón observado en *P. adspersus* podría estar relacionado con una posible disminución del costo energético de la osmorregulación y su consecuente redistribución hacia el crecimiento. Sin embargo, en el presente estudio este efecto no fue estadísticamente detectable.

El factor de condición (K) no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere que las variaciones de salinidad evaluadas no afectaron el estado fisiológico general de los organismos. Este índice es ampliamente utilizado como indicador del grado de bienestar o robustez en peces, donde valores elevados reflejan una adecuada condición corporal (Leyton et al. 2015). En el presente estudio, los valores de K oscilaron entre 1,13 y 1,41, superando el umbral de 1,0 en todos los tratamientos, lo que indica un buen estado corporal de los juveniles. Estos resultados son consistentes con lo reportado para otras especies de peces pla-

nos, como *P. olivaceus* (Kim et al. 2002), *Solea senegalensis* (Rodríguez et al. 2005) y *P. adspersus* (Piaget et al. 2011; Puente 2021), y concuerdan con los criterios de bienestar establecidos por Froese (2006), Cifuentes et al. (2012) y Valencia-Santana y Valencia-Santana (2015). Finalmente, la supervivencia del 100% registrada en todos los tratamientos evidencia una alta tolerancia de los juveniles de *P. adspersus* a las condiciones de salinidad evaluadas, lo que refuerza la idoneidad de los rangos experimentales empleados y su potencial aplicación en condiciones de cultivo.

En relación con la variabilidad en tamaño, los juveniles fueron previamente clasificados en categorías de tamaño inicial, lo que permitió evaluar su desempeño de crecimiento dentro de cada grupo. Si bien se observaron incrementos de peso en todos los tratamientos, no se evidenció una reducción en la heterogeneidad de tamaños a lo largo del experimento, lo que sugiere la persistencia de diferencias individuales dentro de cada cohorte. Este patrón es consistente con la ausencia de diferencias significativas en los indicadores de crecimiento y con la variabilidad observada en los datos, siendo esta evaluación de carácter descriptivo y no basada en un análisis estadístico formal. Situaciones similares han sido reportadas en especies como *S. senegalensis* e *H. hippoglossus*, donde, incluso bajo condiciones ambientales favorables, no se logra un crecimiento homogéneo entre individuos. Diversos autores han atribuido esta variabilidad a interacciones sociales y jerarquías de dominancia, en las que los individuos de mayor tamaño pueden influir sobre el acceso al alimento y el crecimiento de individuos más pequeños (Stefánsson et al. 2000; Salas-Leiton et al. 2010).

En conjunto, los resultados obtenidos indican que la salinidad no tuvo un efecto significativo sobre el metabolismo aeróbico ni sobre el crecimiento somático de juveniles de *P. adspersus* en las condiciones evaluadas. Asimismo, el tamaño corporal se estableció como el principal determinante del metabolismo individual, mientras que el crecimiento estuvo influenciado principalmente por

el tiempo de cultivo y la biomasa inicial. Desde una perspectiva aplicada, estos resultados sugieren que el cultivo de *P. adspersus* puede realizarse tanto en condiciones marinas como en salinidades reducidas sin afectar negativamente el desempeño fisiológico o productivo. No obstante, se recomienda que futuros estudios evalúen rangos intermedios de salinidad, consideren un mayor número de réplicas experimentales y, adicionalmente, incorporen herramientas estadísticas específicas para evaluar la variabilidad en tamaño, con el fin de incrementar la potencia analítica y profundizar en la comprensión de los posibles efectos subyacentes de la osmorregulación sobre el crecimiento.

---

## AGRADECIMIENTOS

---

Este artículo se derivó de la tesis de licenciatura de Andres V. Acuache-Villegas (Código N° 018-2018-PRE5) para optar el título de Biólogo Marino en la Universidad Científica del Sur, la cual contó con el financiamiento del proyecto “Caracterización de SNPs en genes relacionados al crecimiento a partir de transcriptomas de lenguado *Paralichthys adspersus*”, bajo el Contrato de Subvención N° 194-2015-FONDECYT - CONCYTEC. El autor Juan C. Francia-Quiroz agradece el apoyo institucional de la Universidad Científica del Sur mediante la R. D. N° 058-DGIDI-CIENTIFICA-2025.

## Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los financiadores no participaron en el diseño del estudio, la recolección, análisis o interpretación de los datos, ni en la redacción del manuscrito.

## Declaración sobre el uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este manuscrito, se utilizaron herramientas de inteligencia artificial

(Grammarly y Microsoft Copilot) para la verificación ortográfica y gramatical del texto. No se emplearon herramientas de IA para la generación de texto, análisis de datos, interpretación de resultados ni elaboración de figuras o tablas. Los autores asumen plena responsabilidad por el contenido del manuscrito y garantizan su cumplimiento con las normas éticas de publicación (COPE).

## Declaración sobre el uso de animales en investigación

Todos los procedimientos experimentales realizados con juveniles de *P. adspersus* en el presente estudio cumplieron con las pautas ARRIVE (Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments) y fueron llevados a cabo de acuerdo con las normativas institucionales, nacionales e internacionales vigentes para el uso de animales en investigación científica. El experimento fue realizado en instalaciones del Laboratorio de Larvicultura Experimental de la Universidad Científica del Sur (CIENTÍFICA), bajo protocolos aprobados institucionalmente.

## Contribución de autores

Andres V. Acuache-Villegas: metodología; investigación; curación de datos; análisis formal; *software*; visualización; redacción-borrador original; redacción-revisión y edición. Juan C. Francia-Quiroz: conceptualización; supervisión; validación; administración del proyecto; adquisición de financiamiento; redacción-revisión y edición.

---

## REFERENCIAS

---

- ABDO-DE LA PARRA MI, LEÓN-LÓPEZ MC, RODRÍGUEZ-IBARRA LE, RODRÍGUEZ-MONTES DE OCA GA, VELASCO-BLANCO G, ROMÁN-REYES JC. 2016. Consumo de oxígeno del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) durante su cultivo larval. Rev Biol Mar Oceano-

- gr. 51 (1): 51-59. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000100005>
- ABOU ANNI IS, BIANCHINI A, BARCAROLLI IF, VARELA AS, ROBALDO RB, TESSER MB, SAMPAIO LA. 2016. Salinity influence on growth, osmoregulation and energy turnover in juvenile pompano *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832. *Aquaculture*. 455: 63-72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.01.010>
- ACKERMAN PA, FORSYTH RB, MAZUR CF, IWAMA, GK. 2000. Stress hormones and the cellular stress response in salmonids. *Fish Physiol Biochem*. 23 (4): 327-336. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:101110761097>
- ANDRADE DE PASQUIER G, MÉNDEZ Y, PERDOMO DA. 2011. Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local El Lago, estado Zulia, Venezuela. *Zootec Trop*. 29 (2): 213-218. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692011000200008](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000200008).
- ANGELES B, MENDO J. 2005. Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecol Appl*. 4 (1-2): 105-112. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162005000100014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100014&lng=es&tlng=es).
- ARISTIZABAL EO. 2006. Consumo de oxígeno, crecimiento y utilización del alimento durante el desarrollo larval del besugo *Pagrus pagrus* (Linné, 1758) (Pisces: Sparidae). *Rev Biol Mar Oceanogr*. 41 (2): 209-220. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572006000200009>
- ARJONA FJ, VARGAS-CHACOFF L, RUIZ-JARABO I, GONÇALVES O, PÁSCOIA I, MARTÍN DEL RÍO MP, MANCERA JM. 2009. Tertiary stress responses in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) to osmotic challenge: Implications for osmoregulation, energy metabolism and growth. *Aquaculture*. 287 (3): 419-426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.047>
- BARRETO-CURIEL F, DURAZO E, VIANA MT. 2015. Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. *Cienc Mar*. 41 (3): 247-254. <https://doi.org/10.7773/cm.v41i3.2526>
- BŒUF G, PAYAN P. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comp Biochem Physiol C*. 130 (4): 411-423. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00268-X](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00268-X)
- BLANCO-GARCÍA A, PARTRIDGE GJ, FLIK G, ROQUES JAC, ABBINK W. 2015. Ambient salinity and osmoregulation, energy metabolism and growth in juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi* Valenciennes 1833) in a recirculating aquaculture system. *Aquac Res*. 46 (11): 2789-2797. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12433>
- BRETT JR, GROVES TDD. 2024. Physiological energetics. En: RANDALL DJ, FARRELL AP, BRAUNER CJ, ELIASON EJ, editores. *Fish physiology*. Vol. 40. Part B. The 50th anniversary issue of fish physiology: physiological applications. Academic Press. p. 603-676. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.fp.2024.07.007>
- CALDERER A. 2001. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.) [tesis doctoral]. Barcelona: Universidad de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/35876>.
- CARRERA L, COTA N, MONTES M. 2013. Compendio metodológico para la reproducción de "lenguado" *Paralichthys adspersus* en cautiverio. Laboratorio de Cultivo de Peces Dirección General de Investigaciones en Acuicultura Instituto del Mar del Perú. 60 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2186>.
- CERDÀ J, MANCHADO M. 2013. Advances in genomics for flatfish aquaculture. *Genes Nutr*. 8 (1): 5-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12263-012-0312-8>
- CEREZO J, GARCÍA B. 2004. Influencia del peso y la temperatura sobre el consumo de oxígeno de rutina del Dentón común (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758). *AquaTIC*. 21: 16-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1065375>.
- CHEN G, WANG Z, WU Z, GU B, WANG Z, WANG Z,

- WU Z. 2009. Effects of Salinity on Growth and Energy Budget of Juvenile Cobia, *Rachycentron canadum*. J World Aquac Soc. 40 (3): 374-382. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00257.x>
- CHO SH, SANG-MOK L, PARK BH, SANG-MIN L. 2006. Effect of feeding ratio on growth and body composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed extruded pellets during the summer season. Aquaculture. 251 (1): 78-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.041>
- CHRISTENSEN EAF, ILLING B, IVERSEN NS, JOHANSEN JL, DOMENICI P, STEFFENSEN JF. 2018. Effects of salinity on swimming performance and oxygen consumption rate of shiner perch *Cymatogaster aggregata*. J Exp Mar Biol Ecol. 504: 32-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2018.04.002>
- CIFUENTES R, GONZÁLEZ J, MONTOYA G, JARA A, ORTÍZ N, PIEDRA P, HABIT E. 2012. Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana Concepc. 76: 86-100. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>
- DE ALMEIDA AJ, SADO RY, CYRINO JE. 2009. Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. Aquac Res. 40 (4): 486-495. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02120.x>
- DE CIECHOMSKI JD, SÁNCHEZ RP, ALESPEITI G, REGIDOR H. 1986. Estudio sobre el crecimiento en peso y factor de condición en larvas de anchoíta, *Engraulis anchoita* Hubbs y Marini. Variaciones regionales, estacionales y anuales. Rev Invest Desarr Pesq. 5: 183-193. <https://marabierto-new.inidep.edu.ar/server/api/core/bitstreams/36ec21bc-f4c7-4d28-9967-27123834c2fd/content>.
- ERN R, ESBAUGH A. 2018. Effects of salinity and hypoxia-induced hyperventilation on oxygen consumption and cost of osmoregulation in the estuarine red drum (*Sciaenops ocellatus*). Comp Biochem Physiol A. 222: 52-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.04.013>
- FAULK CK, HOLT GJ. 2006. Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. Aquaculture. 254 (1-4): 275-283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.046>
- FROESE R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. J Appl Ichthyol. 22 (4): 241-253. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- FRY FEJ. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. En: HOAR WS, RANDALL DJ, editores. Fish physiology. Vol. 6. Environmental relations and behavior. Academic Press. p. 1-98. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60146-6](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60146-6)
- GAUMET F, BOEUF G, SEVERE A, ROUX AL, MAYER-GOSTAN N. 1995. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. J Fish Biol. 47 (5): 865-876. DOI: <https://doi.org/10.1111/J.1095-8649.1995.TB06008.X>
- GILLIKIN DP, DE WACHTER B, TACK JF. 2004. Physiological responses of two ecologically important Kenyan mangrove crabs exposed to altered salinity regimes. J Exp Mar Biol Ecol. 301 (1): 93-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.09.024>
- JOBLING M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman and Hall. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddfd34c5aef494fd832d1>.
- KIM KW, WANG XJ, BAI SC. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). Aquac Res. 33 (9): 673-679. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00704.x>
- LAING I. 2002. Effect of salinity on growth and survival of king scallop spat (*Pecten maximus*). Aquaculture. 205 (1): 171-181. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00663-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00663-9)
- LAIZ-CARRIÓN R, SANGIAO-ALVARELLOS S, GUZMÁN JM, MARTÍN DEL RÍO MP, SOENGAS JL,

- MANCERA JM. 2005. Growth performance of gilthead sea bream *Sparus aurata* in different osmotic conditions: Implications for osmoregulation and energy metabolism. *Aquaculture*. 250 (3-4): 849-861. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.05.021>
- LATORRE E. 2017. Respuestas fisiológicas y bioenergéticas del pez payaso *Amphiprion ocellaris* (Cuvier, 1830), bajo condiciones óptimas de temperatura y salinidad [tesis de maestría]. Baja California: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, (CICESE). [https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1058/1/Tesis%20Rocio%20La torre%20Pozos.pdf](https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1058/1/Tesis%20Rocio%20La%20torre%20Pozos.pdf).
- LEONARDI M, VERA J, TARIFEÑO E, PUCHI M, MORÍN V. 2010. Vitellogenin of the Chilean flounder *Paralichthys adspersus* as a biomarker of endocrine disruption along the marine coast of the South Pacific. Part I: induction, purification, and identification. *Fish Physiol Biochem*. 36 (3): 757-765. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10695-009-9350-6>
- LEYTON S, MUÑOZ E, GORDILLO M, SÁNCHEZ G, MUÑOZ L, SOTO A. 2015. Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación Longitud-Peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. *Rev Asoc Col Cienc (Col)*. 27: 24-31. <https://revistaacsb.org/r/index.php/acsb/article/view/99>.
- LOBO C, TAPIA-PANIAGUA S, MORENO-VENTAS X, ALARCÓN FJ, RODRÍGUEZ C, BALEBONA MC, MORIÑIGO MA, DE LA BANDA IG. 2014. Benefits of probiotic administration on growth and performance along metamorphosis and weaning of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture*. 433:183-195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.06.011>
- MENDEZ KN, ZULOAGA R, VALENZUELA CA, BASTIAS-MOLINA M, MENESES C, VIZOSO P, VALDÉS JA, MOLINA A. 2018. RNA-seq analysis of compensatory growth in the skeletal muscle of fine flounder (*Paralichthys adspersus*). *Aquaculture*. 490: 270-280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.048>
- MÜLLER MI, RADONIC M, LÓPEZ AV, BAMBILL GA. 2006. Crecimiento y rendimiento en carne del Lenguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839) cultivado en Argentina. *CIVA*. 4: 267-273. <https://aquadocs.org/bitstreams/df5524e3-90cc-494f-9cb0-98db5a79e0fa/viewer?itemid=3091c0c0-02d1-476a-8434-537b6a44c859>.
- NORDLIE FG. 2009. Environmental influences on regulation of blood plasma/serum components in teleost fishes: a review. *Rev Fish Biol Fish*. 19(4): 481-564. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-009-9131-4>
- ORIHUELA L. 2015. Evaluación de tres microdietas en el destete de “lenguado” *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) Paralichthyidae, en condiciones de laboratorio [tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal. 96 p. <https://repositorio.imarpe.gob.pe/items/7fee18ba-8f7a-49f2-86d1-10c326a4f437>.
- PARTRIDGE GJ, JENKINS GI. 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). *Aquaculture*. 210 (1): 219-230. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00817-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00817-1)
- PÉREZ J. 2010. Análisis del efecto de la salinidad constante sobre el consumo de oxígeno, excreción nitrogenada y la osmorregulación en Botete Diana (*Sphoeroides annulatus*, Jenyns 1842) [tesis de maestría]. Ensenada: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). 53 p. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/593>.
- PIAGET N, TOLEDO P, SILVA A, VEJA A. 2011. Nivel óptimo de proteína dietaria para juveniles de lenguado *Paralichthys adspersus* (Pisces: Pleuronectiformes). *Rev Biol Mar Oceanogr*. 46 (1): 9-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572011000100002>
- PUNTE E. 2021. Efecto de diferentes densidades de cultivo en el crecimiento y comportamiento de juveniles de lenguado *Paralichthys adspersus*

- (Steindachner, 1867) bajo condiciones de laboratorio. [tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4b03dc5e-388b-4917-a4c4-d668431b186f/content>.
- QUINTANA CF. 2009. Células cloro en peces teleósteos. *Rev Vet.* 20 (1): 57-60. <https://doi.org/10.30972/vet.2011885>
- RICKER WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull Fish Res Bord Can.* 191. 382 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/3800109>
- RODRÍGUEZ JL, SOUTO BF, QUINTÁNS JM. 2005. Preengorde de lenguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858 sometido a diferentes regímenes de alimentación. *Bol Inst Esp Oceanogr.* 21 (1-4): 89-93. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2358988>
- RUIZ-JARABO I, HERRERA M, HACHERO-CRUZADO I, VARGAS-CHACOFF L, MANCERA JM, ARJONA FJ. 2014. Environmental salinity and osmoregulatory processes in cultured flatfish. *Aquac Res.* 46 (1): 10-29. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12424>
- SALAS-LEITON E, ANGUÍS V, RODRÍGUEZ-RÚA A, CAÑAVATE JP. 2010. Stocking homogeneous size groups does not improve growth performance of Senegalese sole (*Solea senegalensis*, Kaup 1858) juveniles: individual growth related to fish size. *Aquac Eng.* 43 (3): 108-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.08.001>
- SALVATO B, CUOMO V, DI MURO P, BELTRAMINI M. 2001. Effects of environmental parameters on the oxygen consumption of four marine invertebrates: a comparative factorial study. *Mar Biol.* 138 (4): 659-668. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002270000501>
- SAMPAIO LA, BIANCHINI A. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J Exp Mar Biol Ecol.* 269 (2): 187-196. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00395-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00395-1)
- SÁNCHEZ P, AMBROSIO PP, FLOS R. 2010. Stocking density and sex influence individual growth of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture.* 300 (1): 93-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.12.013>
- SHI Y, ZHANG G., Liu J, Zang W. 2010. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption of tawny puffer *Takifugu flavidus* juvenile. *Aquaculture Research,* 42 (2): 301-307. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02638.x>
- SIELFELD W, VARGAS M, KONG I. 2003. Primer registro de *Etropus ectenes* (Jordan, 1889), *Bothus constellatus* (Jordan y Goss, 1889), *Achirus klunzingeri* (Steindachner, 1880) y *Symphurus elongatus* (Günther, 1868) (Pisces, Pleuronectiformes) en Chile, con comentarios sobre la distribución de los lenguados chilenos, *Investig Mar.* 31 (1): 51-65. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782003000100006>
- SILVA A. 2008. Advance in the culture research of small-eye flounder, *Paralichthys microps*, and Chilean flounder, *P. adspersus*, in Chile. *J Appl Aquac.* 11 (1-2): 147-164. DOI: [https://doi.org/10.1300/J028v11n01\\_11](https://doi.org/10.1300/J028v11n01_11)
- SILVA A, OLIVA M, CASTELLO F. 2001. Evaluación del crecimiento de juveniles de lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) cultivados en estanques. *Biol Pesq.* 29: 21-30. <https://revistas.ucsc.cl/index.php/biologiapesquera/article/view/2614/1809>
- STEFÁNSSON MÖ, IMSLAND AK, JENSSEN MD, JONASSEN TM, STEFANSSON SO, FITZGERALD R. 2000. The effect of different initial size distributions on the growth of Atlantic halibut. *J Fish Biol.* 56 (4): 826-836. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2000.tb00875.x>
- STRAND HK, OIESTAD V. 1997. Growth and the effect of grading, of turbot in a shallow raceway system. *Aquac Int.* 5 (5): 397-406. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1018328626979>
- TANDLER A, ANAV FA, CHOSHNIK I. 1995. The effect of salinity on growth rate, survival and swim bladder inflation in gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae. *Aquaculture.* 135 (4): 343-353.

- DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01029-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01029-7)
- TOMALÁ D, CHAVARRIA J, ANGELES B. 2014. Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno de *Colossoma macropomum* en relación al peso corporal y temperatura del agua. *Lat Am J Aquat Res.* 42 (5): 971-979. DOI: <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-4>
- TORRES SALDAÑA M, HUARANGA MORENO F. 2017. Consumo de oxígeno y peso corporal en juveniles de *Mugil cephalus* "lisa" en condiciones de laboratorio. *Sagasteguiana.* 5 (2): 285-294. [https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVS\\_AGAS/article/view/3100](https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVS_AGAS/article/view/3100).
- TSENG YC, HWANG PP. 2008. Some insights into energy metabolism for osmoregulation in fish. *Comp Biochem Physiol C.* 148 (4): 419-429. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2008.04.009>
- VALENCIA-SANTANA F, VALENCIA-SANTANA J. 2015. Relación longitud-peso y factor de condición de *Echinometra vanbrunti* (A. Agassiz 1863) en Acapulco, Guerrero, México. *Rev Análisis Cuantitativo Estad.* 2 (5): 402-407. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Analisis\\_Cuantitativo\\_y\\_Estadistico/vol2num5/Analisis\\_Cuantitativo\\_y\\_Estadistico\\_V2\\_N5-24-29.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Analisis_Cuantitativo_y_Estadistico/vol2num5/Analisis_Cuantitativo_y_Estadistico_V2_N5-24-29.pdf).
- WU H, LIU J, LU Z, XU L, JI C, WANG Q, ZHAO J. 2017. Metabolite and gene expression responses in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* exposed to reduced salinities. *Fish Shellfish Immunol.* 63: 417-423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.02.042>
- WURTS WA, DURBOROW RM. 1992. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fishponds. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). 464. 4 p. <https://www.ncrac.org/files/inline-files/SRAC0464.pdf>.
- ZHENG Z, JIN C, LI M, BAI P, DONG S. 2008. Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile miuy croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky). *Aquac Int.* 16 (6): 581-589. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9169-7>