

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS

CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA

“EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL CONSUMO DE OXÍGENO
Y CRECIMIENTO EN JUVENILES DE LENGUADO, *Paralichthys*
adpersus (Steindachener, 1867)”

Tesis para optar el Título Profesional de

Biólogo Marino

Presentado por:

Bach. Andres Victor Acuache Villegas

Asesor:

Mg. Juan Carlos Francia Quiroz

LIMA - PERÚ

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 10 de junio de 2019

Los integrantes del Jurado de tesis:

| |
|---|
| Presidente: Mg. Alfredo Ruben Palomino Ramos |
| Miembro: Blga. Keny Kanagusuku Gondo |
| Miembro: Blgo. Paul Martin Baltazar Guerrero |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:
"EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL CONSUMO DE OXÍGENO Y CRECIMIENTO EN JUVENILES DE LENGUADO, *Paralichthys adspersus* (Steindachener, 1867)"

Presentada por el Bachiller:

- **Andres Victor Acuache Villegas**

Para optar al Título Profesional de **Biólogo Marino**

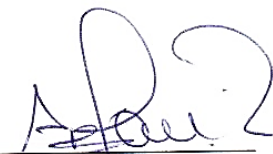
Asesorado por:

- **Mg. Juan Carlos Francia Quiroz**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple () calificar a:

| | | | | |
|---------------------------------------|---|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| Andres Victor Acuache Villegas | | | Nota (escrito): 26 | |
| Aprobado () | Aprobado - Muy buena (<input checked="" type="checkbox"/>) | Aprobado Sobresaliente () | - | Desaprobado () |

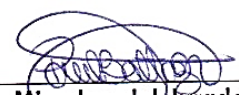
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Presidente del Jurado



Miembro del Jurado



Miembro del Jurado



Asesor

Agradecimiento

Al proyecto “Caracterización de SNPs en genes relacionados al crecimiento a partir de transcriptomas de lenguado *Paralichthys adspersus*” (Contrato de Subvención N°194-2015-FONDECYT), a cargo de la Mg. Giovanna Elizabeth Sotil Caycho, por haberme brindado la oportunidad de llevar a cabo la presente investigación.

Resumen

El presente trabajo evaluó el efecto de la reducción de salinidad, sobre el consumo de oxígeno y crecimiento de *Paralichthys adspersus*. Se utilizaron juveniles de lenguado ($n = 36$), procedentes de una misma cohorte, los cuales fueron agrupados en tres rangos de peso, como: pequeños (P) de $9,30 \pm 2,04$ g, medianos (M) de $14,49 \pm 0,47$ g, y grandes (G) de $22,14 \pm 0,30$ g. Previo al experimento, los organismos fueron acondicionados por 15 días a salinidades de 16 y 33 ups. El cultivo duró 30 días, donde los peces fueron mantenidos en unidades experimentales de 30 L (densidad de $1,5 \text{ g.L}^{-1}$). Cada 15 días se realizaron evaluaciones de consumo de oxígeno individual (COI) y específico (COE), crecimiento, y sobrevivencia. Los resultados mostraron que lenguados expuestos a 16 ups presentaron un mayor COI ($5,24 \pm 1,16 \text{ mgO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$) frente a organismos cultivados a 33 ups ($4,14 \pm 1,54 \text{ mgO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$). Juveniles mantenidos a 16 ups, para los tres rangos de peso, presentaron mayores valores de ganancia de peso ($GP = 6,18 \pm 23,68$ g), ganancia de peso diaria ($GPD = 0,20 \pm 0,09 \text{ g.día}^{-1}$), y tasa de crecimiento específico ($TCE = 0,94 \pm 0,08 \text{ \% . día}^{-1}$), en comparación con individuos mantenidos a 33 ups ($GP = 2,71 \pm 1,92$ g, $GPD = 0,09 \pm 0,06 \text{ g.día}^{-1}$ y $TEC = 0,52 \pm 0,14 \text{ \% . día}^{-1}$). El factor de condición (FC) fue $1,22 \pm 0,05$, lo cual está dentro del rango para peces planos. Además, la sobrevivencia fue del 100% para todos los tratamientos. Se concluye que *P. adspersus* es un organismo osmorregulador eficiente a 16 ups, y esta situación favorece el crecimiento e incrementa la diferencia de peso y talla entre organismos de una misma cohorte.

Palabras claves: Osmorregulación, crecimiento, cohorte, tasa de respiración

Abstract

In this work, the effect of salinity reduction on the oxygen consumption and growth of *Paralichthys adspersus* was evaluated. Juveniles of fine flounders ($n = 36$) were used, coming from the same cohort, which were grouped in three weight ranges: small (P) = $9,30 \pm 2,04$ g, medium (M) = $14,49 \pm 0,47$ g and large (G) = $22,14 \pm 0,30$ g. Prior to the experiment, the organisms were conditioned for 15 days at salinities of 16 and 33 ups. The maintenance of the fish lasted 30 days, where the fish were kept in experimental units of 30 L (density of $1,5 \text{ g.L}^{-1}$). Evaluations of individual (COI) and specific (COE) oxygen consumption, growth and survival were conducted every 15 days. The results showed that flounders exposed to 16 ups had a higher COI ($5,24 \pm 1,16 \text{ mgO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$) compared to organisms grown at 33 ups ($4,14 \pm 1,54 \text{ mgO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$). Juveniles maintained at 16 ups, for the three weight ranges, presented a higher GP ($6,18 \pm 23,68$ g), GPD ($0,20 \pm 0,09 \text{ g.day}^{-1}$) and TCE ($0,94 \pm 0,08 \text{ \%.day}^{-1}$), compared to individuals maintained at 33 ups (GP = $2,71 \pm 1,92$ g, GPD = $0,09 \pm 0,06 \text{ g.day}^{-1}$ and TCE = $0,52 \pm 0,14 \text{ \%.day}^{-1}$). The FC was $1,22 \pm 0,05$, which is within the range for flatfish. Survival was 100% for all treatments. It's concluded that *P. adspersus* is an efficient osmoregulatory organism with 16 ups, and this situation stimulates growth and increases the difference in weight and height between organisms of the same cohort.

Key words: Osmoregulation, growth, cohort, respiratory rate

Introducción

Paralichthys adspersus (Steindachener, 1867) “lenguado”, es una especie endémica de las costas del Pacífico de América del Sur, distribuida desde el norte de Perú (Paita) hasta el sur de Chile (Golfo de Arauco) (Sielfeld *et al.* 2003). Este pez plano tiene una fuerte demanda y alto valor comercial, debido a la calidad y nivel nutritivo de su carne, basada en la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) como: ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) (Piaget *et al.* 2011; Cerdà & Manchado 2013; Mendez *et al.* 2018).

P. adspersus en ambientes naturales tiene un crecimiento lento, alcanzando tallas comerciales de 40-47 cm entre los 3 y 4 años (Angeles & Mendo 2005). Sin embargo, este tiempo se ha logrado reducir en cultivo a 2,8 años, debido al uso de alimentos comerciales empleados en otros peces planos, como *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) “turbot” (Silva 2001). Esta situación ha generado que el lenguado sea objeto de diversos estudios, con la finalidad de mejorar sus técnicas de cultivo y producción a nivel comercial (Silva 2001; Carrera *et al.* 2013; Orihuela 2015).

En el caso de los peces planos, se ha encontrado que presentan diferencias en el crecimiento, relacionado a la variabilidad de tallas en juveniles, a pesar de haber nacido en la misma cohorte, como es el caso de *Solea senegalensis* (Kaup, 1858), *S. maximus* e *Hippoglossus hippoglossus* (Linnaeus, 1758). Por ejemplo, en el caso de *S. senegalensis*, se propuso reducir el efecto de diferencias de tallas empleando dietas con probióticos, pero sin resultados positivos. (Strand & Oiestad 1997; Stefánsson *et al.* 2000; Salas-Leiton *et al.* 2010; Sánchez *et al.* 2010; Lobo *et al.* 2014).

La salinidad, es uno de los principales factores abióticos que afecta el metabolismo y crecimiento en peces marinos (Arjona *et al.*, 2009), debido a que invierten una considerable cantidad de energía, para mantener el balance de agua y sales de los fluidos

extracelulares frente a la salinidad ambiental (Nordlie 2009; Ern & Esbaugh 2018). Este proceso lo realizan a través de la incorporación de agua y excreción activa de sales, lo cual involucra estructuras localizadas en el epitelio gastrointestinal, branquias y riñones (Quintana 2009). Además, la osmorregulación influye en la tasa metabólica, dado que implica un alto consumo de energía a expensas de otras funciones como el crecimiento y la reproducción (Chen *et al.* 2009; Nordlie 2009; Christensen *et al.* 2018).

El consumo de oxígeno en teleósteos es una respuesta fisiológica, que se ve influenciada por variaciones de factores abióticos y bióticos, como la salinidad; debido a que la tasa respiratoria se relaciona con el metabolismo y flujo de energía que los organismos emplean para mantener la homeostasis (Pérez 2010). Para estimar el metabolismo en peces frente a la osmorregulación, se puede emplear dos métodos, la calorimetría directa (medición de calor) o calorimetría indirecta (consumo de oxígeno) (Calderer 2001; Abdo de la Parra *et al.* 2016), dado que la salinidad modifica directamente los mecanismos de osmorregulación, y su efecto se evidencia en la cantidad de oxígeno consumido por los organismos (Salvato *et al.* 2001; Zheng *et al.* 2008).

Por lo tanto, el estudio de la osmorregulación y determinación de la salinidad óptima para el crecimiento en peces, juega un rol importante en relación a otros factores abióticos, biológicos y económicos, dado que sus resultados pueden favorecer el desarrollo de una acuicultura sostenible (Tandler *et al.* 1995; Laing 2002; Partridge & Jenkins 2002; Gillikin *et al.* 2004; Faulk & Holt 2006). Es así que este estudio tuvo como objetivo comparar el efecto de dos salinidades (16 y 33 ups) sobre el consumo de oxígeno, crecimiento y sobrevivencia, en tres tamaños de juveniles de *P. adspersus*, procedentes de una misma cohorte.

Materiales y Métodos

Material biológico y acondicionamiento

Los juveniles de *P. adspersus*, procedentes del Laboratorio de Cultivo de Peces del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), fueron obtenidos del cruce de un ejemplar macho y dos hembras por inducción artificial (Carrera *et al.*, 2013). El proceso de acondicionamiento a baja salinidad duró 2 semanas, con una reducción de 5 ups cada 2 días hasta llegar a 16 ups; y como indicadores del buen estado de los organismos se consideró el consumo de alimento y ausencia de comportamiento errático.

Cultivo de juveniles

Se utilizaron 36 juveniles, los cuales fueron agrupados por 3 rangos de peso: pequeños (P) de $9,30 \pm 2,04$ g, medianos (M) de $14,49 \pm 0,47$ g, y grandes (G) de $22,14 \pm 0,30$ g, cultivados a las salinidades de 16 y 33 ups. El cultivo se realizó por 30 días, el cual estaba conformado por unidades experimentales de 30 L, donde los organismos se mantuvieron a una densidad de $1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ (Leonardi *et al.* 2010). Para la alimentación se utilizó alimento balanceado de la marca OTOHIME EP-2 (Tabla 1), el cual se suministró tres veces al día (8:00, 12:00 y 17:00 horas) con una tasa de alimentación de 2,5 % de biomasa. Diariamente se tomaron datos de parámetros fisicoquímicos del agua (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, y pH), y cada 15 días se realizaron evaluaciones de consumo de oxígeno individual (COI), específico (COE), peso (g) y talla (cm).

Tabla 1. Composición proximal de alimento comercial OTOHIME EP-2 / Proximal composition of commercial feed OTOHIME EP-2

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | % |
|---------------------|-------|
| HUMEDAD | 6,28 |
| PROTEÍNA | 53,74 |
| GRASA (EE) | 12,01 |
| CENIZA | 13,92 |
| FIBRA | 0,32 |
| CALCIO | 3,82 |
| FÓSFORO | 3,01 |
| MAGNESIO | 0,18 |
| POTASIO | 1,03 |
| SODIO | 0,59 |
| ENERGIA (KCal/Kg) | 4749 |

EE: Extracto etéreo

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

La concentración de oxígeno disuelto se determinó mediante el método de Winkler, modificado por Alsterberg para agua marina (Torres 2014). Por cada unidad experimental se seleccionó un organismo, el cual fue colocado en un respirómetro de 1,5 L durante una hora. Se evaluó el consumo de oxígeno individual ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) y específico ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Ambos se calcularon por diferencia de la concentración de oxígeno en intervalos de 60 minutos, ocasionado por la propia actividad respiratoria del pez. Las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

Consumo de oxígeno individual (COI, $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

$$\text{COI} = [(\text{OD}_I - \text{OD}_F) / V] / T$$

Donde:

OD_i: Concentración de oxígeno inicial ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)

OD_f: Concentración de oxígeno final ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)

V: Volumen del respirómetro (L)

T: Tiempo en horas

Consumo de oxígeno específico (COE, $\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

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

Donde:

COI: Consumo de oxígeno individual ($\text{mgO}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

P: Peso del organismo (g)

Indicadores de crecimiento y sobrevivencia

Para evaluar el crecimiento se utilizaron los siguientes indicadores: ganancia de peso (GP), ganancia de peso diaria (GPD), tasa de crecimiento específica (TCE) y factor de condición (FC) (De Ciechowski *et al.* 1986; De Almeida *et al.* 2009; Andrade de Pasquier *et al.* 2011)

Ganancia en Peso (g)

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

Donde:

GP: Ganancia de peso (g)

Pf: Peso promedio final (g)

Pi: Peso promedio inicial (g)

Ganancia de Peso Diaria ($\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$)

$$\text{GPD} = (\text{Pf} - \text{Pi}) / \text{T}$$

Donde:

GDP: Ganancia de peso diaria ($\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$)

Pf: Peso promedio final (g)

Pi: Peso promedio inicial (g)

T: Tiempo en días

Tasa de Crecimiento Específica (%.día⁻¹)

$$TCE = [(Ln Pf - Ln Pi) / T] / 100$$

Donde:

TCE: Tasa de crecimiento específica (%.día⁻¹)

Pf: Peso promedio final (g)

Pi: Peso promedio inicial (g)

T: Tiempo en días

Factor de Condición (%)

$$FC = (P * 100) / L^3$$

Donde:

FC: Factor de condición (%)

P: Peso (g)

L: Longitud (cm)

Análisis estadísticos

Se procedió a analizar la normalidad de los datos (Prueba de Shapiro Wilk) y homocedasticidad de varianza (Prueba de Levene). Luego se aplicó la prueba de ANOVA de doble vía y método de Tukey, para determinar las diferencias entre los tratamientos ($P < 0.05$). Las pruebas fueron realizadas con los programas SPSS versión 22 y R v 3.5.3

Resultados

Al finalizar el cultivo, los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua se mantuvieron dentro del rango recomendado para el cultivo de *P. adspersus* (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos (medias \pm DE) de calidad de agua para el cultivo de juveniles de *P. adspersus*, según agrupamiento por peso (P: pequeños, M: medianos, y G: grandes) y dos salinidades (16 y 33 ups) / Physicochemical parameters (mean \pm S.D.) of wáter quality for the culture of juveniles of *P. adspersus*, according to grouping by weight (P: small, M: medium, and G: large) and two salinities (16 and 33 ups)

| Agrupamiento | | 16 ups | | | 33 ups | | |
|--------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | P | M | G | P | M | G |
| Salinidad | ups | 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 |
| | g.100mL ⁻¹ | 1,64 \pm 0,06 | 1,63 \pm 0,47 | 1,63 \pm 0,07 | 3,53 \pm 1,10 | 3,43 \pm 0,12 | 3,50 \pm 0,10 |
| Oxígeno | mg.L ⁻¹ | 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 |
| disuelto | % | 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 | 18,8 \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 |

Consumo de oxígeno

A lo largo del experimento, el consumo de oxígeno individual (COI) fue mayor para peces G y M, cultivados a salinidades de 16 y 33 ups ($F = 6.32$, $P = 0,01$) (Fig. 1). Para los días 0 y 15, organismos G y P presentaron diferencias significativas para COI ($P = 0,003$) a ambas salinidades. Al concluir los 30 días de cultivo, se determinó que juveniles M cultivados a 16 ups mostraron mayores valores de COI ($6,13 \pm 0,76$ mgO₂.L⁻¹.h⁻¹), en comparación con peces M manejados a 33 ups ($3,29 \pm 0,30$ mgO₂.L⁻¹.h⁻¹) ($P = 0,03$) (Fig. 1).

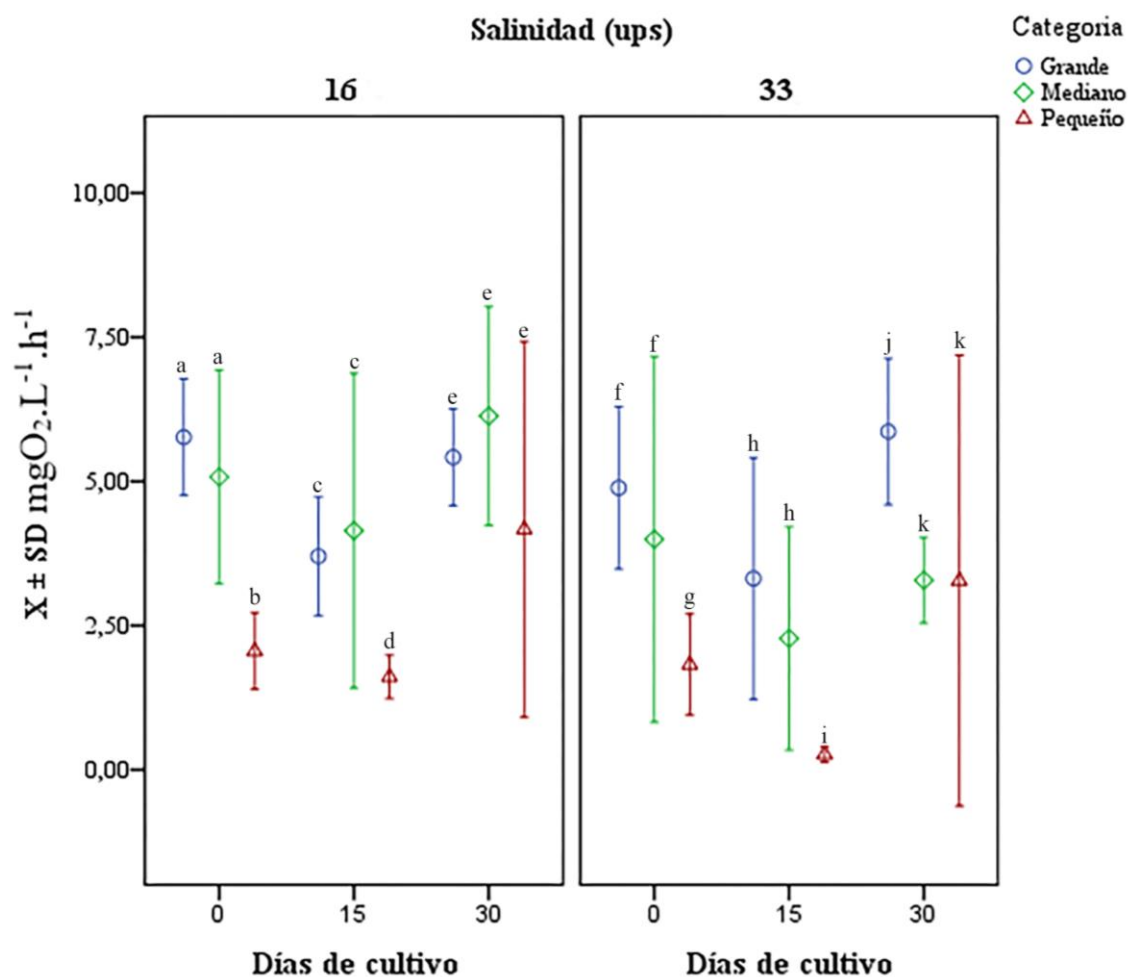


Fig 1. Consumo de oxígeno individual (COI, mgO₂.L⁻¹.h⁻¹) para juveniles de *P. adspersus*, según agrupamiento por peso (Δ = Pequeño, \diamond = Medianos, y \circ = Grandes) y dos salinidades (16 y 33 ups). Media \pm D.E., n = 36. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) / Individual oxygen consumption (COI, mgO₂.L⁻¹.h⁻¹) for juveniles of *P. adspersus*, according to grouping by weight (Δ = Small, \diamond = Medium, and \circ = Large) and two salinities (16 and 33 ups). Mean \pm S.D. n = 36. Different letters indicate significant differences among treatment ($P < 0.05$)

Los resultados de consumo específico de oxígeno (COE), presentaron los valores iniciales más altos para organismos P a 16 ups ($0,38 \pm 0,05$ mgO₂.L⁻¹.g⁻¹.h⁻¹) con respecto a los demás tratamientos. Durante el día 15 se observó una reducción de COE para todos los tratamientos, donde el menor valor fue para juveniles P a 33 ups ($0,05 \pm 0,01$ mgO₂.L⁻¹.g⁻¹.h⁻¹). Al finalizar el experimento, se incrementó el COE, pero sin diferencias significativas entre todos tratamientos ($F = 4.64, P = 0,053$) (Fig. 2).

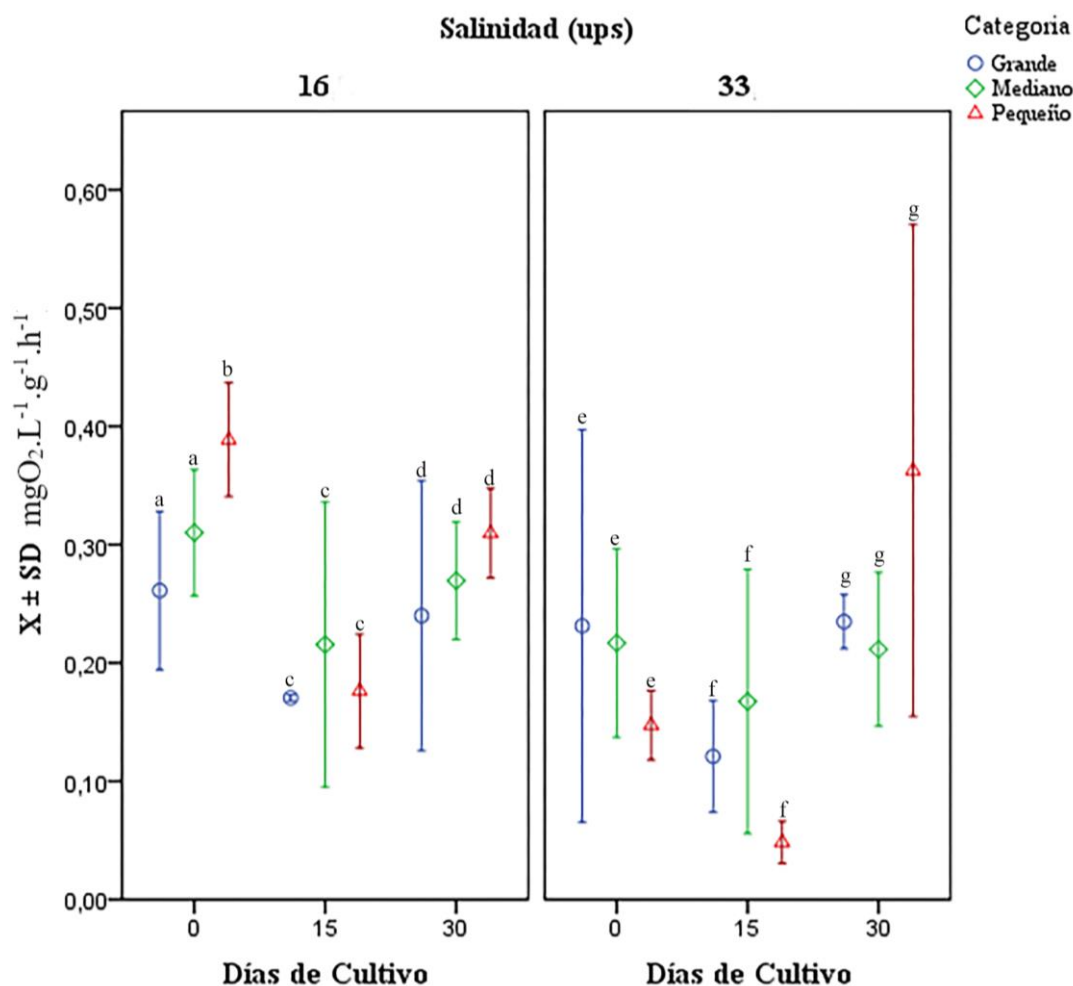


Fig 2. Consumo de oxígeno específico (COE, mgO₂.L⁻¹.g⁻¹.h⁻¹) para juveniles de *P. adspersus*, según agrupamiento por peso (△ = Pequeño, ◇ = Mediano, y ○ = Grande) y dos salinidades (16 y 33 ups). Media ± D.E. n = 36. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$) / Specific oxygen consumption (COE, mgO₂.L⁻¹.g⁻¹.h⁻¹) for juveniles of *P. adspersus*, according to grouping by weight (△ = Small, ◇ = Medium, and ○ = Large) and two salinities (16 and 33 ups). Mean ± S.D. n = 36. Different letters indicate significant differences among treatment ($P < 0.05$)

Crecimiento

Al inicio del experimento, no se observaron diferencias significativas entre las categorías de juveniles, organizados por peso ($F = 0,88, P = 0,42$) y talla ($F = 0,30, P = 0,73$), mostrando una siembra homogénea. Los lenguados presentaron un factor de condición (FC) mayor a 1 para todas las categorías, mostrando un buen estado. Este valor nos muestra que peces con mayor peso a una determinada longitud tienen una mejor

condición, lo que se verificó al compararlo con otras especies de peces (Froese 2006; Cifuentes *et al.* 2012; Valencia-Santana & Valencia-Santana 2015). Lenguados P, M y G mantenidos a 16 ups presentaron los mayores valores de ganancia de peso (GP), ganancia de peso diaria (GPD) y tasa de crecimiento específico (TCE), en comparación con juveniles P, M y G mantenidos a 33 ups (Tabla 3). Finalmente, no se registró mortalidad para ninguno de los tratamientos a lo largo del experimento.

Tabla 3. Indicadores de crecimiento (Media \pm D.E. n = 36) para juveniles de *P. adspersus*, según agrupamiento por peso (g) y dos salinidades (16 y 33 ups). A = Agrupamiento por peso, P = Pequeño, M = Mediano, y G = Grande. S = Salinidad, Pi = Peso inicial (g), Pf = Peso final (g), Ti = Talla inicial (cm), Tf = Talla final (cm), FC = Factor de condición (%), GP = Ganancia de peso (g), GPD = Ganancia de peso diaria (g.día⁻¹), TCE = Tasa específica de crecimiento (%.día⁻¹) / Growth indicators (Mean \pm S. D. n = 36) for juveniles of *P. adspersus*, according to grouping by weight (g) and two salinities (16 and 33 ups). A = Grouping by weight, P = Small, M = Medium, and G = Large. S = Salinity, Pi = Initial weight (g), Pf = Final weight (g), Ti = Initial size (cm), Tf = Final size (cm), FC = Condition factor (%), GP = Weight gain (g), GPD = Daily weight gain (g.day⁻¹), TCE = Specific growth rate (% day⁻¹)

| A | S | Pi | Pf | Ti | Tf | FC | GP | GPD | TCE |
|---|----|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| P | 16 | 10,74 \pm 1,58 | 13,83 \pm 2,82 | 8,92 \pm 0,92 | 10,33 \pm 0,75 | 1,25 \pm 0,00 | 3,09 \pm 0,17 | 0,10 \pm 0,01 | 0,85 \pm 0,13 |
| | 33 | 7,85 \pm 2,88 | 9,85 \pm 3,86 | 9,08 \pm 1,07 | 9,40 \pm 1,29 | 1,13 \pm 0,07 | 1,26 \pm 1,09 | 0,04 \pm 0,04 | 0,46 \pm 0,25 |
| M | 16 | 14,82 \pm 2,80 | 22,66 \pm 2,97 | 11,00 \pm 0,45 | 12,17 \pm 0,26 | 1,26 \pm 0,15 | 7,84 \pm 3,74 | 0,26 \pm 0,12 | 0,98 \pm 0,20 |
| | 33 | 14,15 \pm 1,66 | 16,43 \pm 2,82 | 14,15 \pm 1,66 | 11,10 \pm 0,65 | 1,21 \pm 0,12 | 1,97 \pm 1,39 | 0,07 \pm 0,05 | 0,42 \pm 0,26 |
| G | 16 | 21,92 \pm 4,03 | 29,54 \pm 8,10 | 11,42 \pm 1,66 | 13,25 \pm 1,17 | 1,27 \pm 0,03 | 7,62 \pm 2,58 | 0,25 \pm 0,09 | 0,99 \pm 0,27 |
| | 33 | 22,35 \pm 4,60 | 28,16 \pm 3,02 | 22,35 \pm 4,60 | 13,25 \pm 0,65 | 1,21 \pm 0,03 | 4,89 \pm 1,06 | 0,16 \pm 0,04 | 0,68 \pm 0,24 |

Discusión

El orden Pleuronectiforme, que incluye a la familia Paralichthyidae donde se encuentra *P. adspersus*, involucra especies que presentan un amplio rango de tolerancia a la salinidad, y preferencia por vivir en aguas salobres, como es el caso de *P. lethostigma* (0-10 ups), *P. dentatus* (10 - 30 ups), y *P. olivaceus* (8 - 30 ups). Una posible razón de este comportamiento es que su ancestro vivía en aguas subárticas, donde la influencia del mar

Báltico y los abundantes ríos reducen la salinidad del agua (Ruiz-Jarabo *et al.* 2015). Ern *et al.* (2014), indica que organismos que viven en aguas salobres presentan una reducción en el consumo de oxígeno y menor gasto energético. Esto se debe a que alcanzan una osmolaridad similar entre los fluidos corporales y el medioambiente que los rodea (Barreto-Curiel *et al.* 2015), lo cual origina una disminución del gasto de energía relacionada con el intercambio iónico durante la osmorregulación. (Bœuf & Payan 2001; Sampaio & Bianchini 2002; Arjona *et al.* 2009; Ruiz-Jarabo *et al.* 2015; Abou Anni *et al.* 2016). Esta situación fue reportada por Gaumet *et al.* (1995) para juveniles de *S. maximus* cultivados a 10 y 18 ups, donde se observó un menor consumo de oxígeno; y Chen *et al.* (2009) quien demostró que juveniles de *Rachycentron canadum* cultivados a 30 ups, presentaron mayor tasa de crecimiento y menor gasto de energía, en comparación con los peces manejados a 35 ups. Sin embargo, al finalizar nuestro experimento se encontró un mayor consumo de oxígeno individual (COI) para lenguados M, cultivados a 16 ups, esto se puede relacionar con el mayor crecimiento alcanzado por estos juveniles, ya que la tasa de respiración individual en peces es directamente proporcional al peso del cuerpo (Fry 1971; Aristizabal 2006). En el caso del consumo de oxígeno específico (COE) fue mayor para los organismos P cultivados a 16 ups. Estos resultados concuerda con lo obtenido por Cerezo & García (2004) para *Dentex dentex*, donde individuos pequeños mostraron valores más altos de COE frente a organismos grandes. Esto también se observa para peces de agua dulce, como *Colossoma macropomum* (Tomala *et al.* 2014), donde se determinó una relación inversa entre el tamaño y el COE. Esto se debe a que existe una relación alométrica, es decir, presentan un crecimiento acelerado que requiere un mayor gasto energético.

Estudios en peces marinos como *Seriola lalandi*, *Sparus aurata*, *Gadus morhua* (Tandler *et al.* 1995; Bœuf & Payan 2001; Blanco *et al.* 2014) han demostrado que concentraciones

de baja salinidad favorecen el crecimiento. Esta situación no es ajena a nuestros resultados, donde juveniles de *P. adspersus* cultivados a 16 ups presentaron mayor PG, GPD y TCE en comparación con los expuestos a 33 ups. Resultados similares en el crecimiento, se han obtenido en otros peces planos como *P. olivaceus* (Wu *et al.* 2017) y *S. maximus* (Gaumet *et al.* 1995) mantenidos a 16 ups. La TCE obtenida a 16 ups para *P. adspersus* fue superior a otras especies cultivadas a 33 ups, como *Paralichthys orbignyanus* (Müller *et al.* 2006), pero fue menor en comparación con *P. olivaceus* manejado a 33 ups (Cho *et al.* 2006). El FC de los juveniles para todos los tratamientos fue similar a lo obtenido para otros peces planos como: *S. senegalensis* (1,29), *P. adspersus* (1,39) y *P. olivaceus* (1,24) (Kim *et al.* 2002; Rodríguez *et al.* 2005; Piaget *et al.* 2011), demostrando que el cultivo permitió un buen crecimiento y a pesar de estar en expuestos a una baja salinidad.

En cuanto a la variabilidad de tamaño, la reducción de salinidad a 16 ups para juveniles de *P. adspersus* incrementó el crecimiento, pero no llegó a reducir las diferencias de tamaño que hay entre juveniles de la misma cohorte. Algo similar sucedió con *S. senegalensis* y *H. hippoglossus*, a pesar de brindar las condiciones óptimas, el crecimiento no fue homogéneo. Diversos autores sostienen que esta situación se debe a una jerarquía social, en la cual los lenguados de mayor tamaño ejercen un dominio social sobre los pequeños (Stefánsson *et al.* 2000; Salas-Leiton *et al.* 2010).

Nuestros resultados nos permiten concluir que la reducción de la salinidad a 16 ups, incrementa el crecimiento en juveniles de *P. adspersus*, e influye en las diferencias de tamaño para organismos provenientes de una misma cohorte.

Literatura Citada

- Abdo-de la Parra MI, MC León-López, LE Rodríguez-Ibarra, GA Rodríguez-Montes de Oca, G Velasco-Blanco, JC Román-Reyes. 2016.** Consumo de oxígeno del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* (Perciformes: Lutjanidae) durante su cultivo larval. *Rev Biol Mar Oceanogr.* 51(1):51–59. <doi:10.4067/S0718-19572016000100005>
- Abou Anni IS, A Bianchini, IF Barcarolli, AS Varela, RB Robaldo, MB Tesser, LA Sampaio. 2016.** Salinity influence on growth, osmoregulation and energy turnover in juvenile pompano *Trachinotus marginatus* Cuvier 1832. *Aquaculture.* 455:63–72. <doi:10.1016/j.aquaculture.2016.01.010>
- Andrade de Pasquier G, Y Méndez, DA Perdomo. 2011.** Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local El Lago, estado Zulia, Venezuela. *Zootec Trop.* 29(2):213–218.
- Angeles B, J Mendo. 2005.** Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecol Apl.* 4(1,2):105–112.
- 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). <doi:10.4067/S0718-19572006000200009>
- Arjona FJ, L Vargas-Chacoff, I Ruiz-Jarabo, O Gonçalves, I Páscoa, MP Martín del Río, JM Mancera. 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:10.1016/j.aquaculture.2008.10.047>

- Barreto-Curiel F, E Durazo, MT Viana. 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.
- Blanco A, GJ Partridge, G Flik, JAC Roques, W Abbink. 2014.** 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:10.1111/are.12433>
- Bœuf G & P Payan. 2001.** How should salinity influence fish growth? *Comp Biochem Physiol Part C Toxicol Pharmacol.* 130(4):411–423.< doi:10.1016/S1532-0456(01)00268-X>
- 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.
- Carrera L, N Cota, M Montes. 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, pp 60
- Cerdà J & M Manchado. 2013.** Advances in genomics for flatfish aquaculture. *Genes Nutr.* 8(1):5–17. <doi:10.1007/s12263-012-0312-8>
- Cerezo J & B García. 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.

- Chen G, Z Wang, Z Wu, B Gu, Z Wang, Z Wang, Z Wu. 2009.** Effects of Salinity on Growth and Energy Budget of Juvenile Cobia, *Rachycentron canadum*. *J World Aquac Soc.* 40(3):374–382. <doi:10.1111/j.1749-7345.2009.00257.x>
- Cho SH, Lee Sang-Mok, BH Park, Lee Sang-Min. 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:10.1016/j.aquaculture.2005.05.041>
- Christensen EAF, B Illing, NS Iversen, JL Johansen, P Domenici, JF Steffensen. 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:10.1016/j.jembe.2018.04.002>.
- Cifuentes R, J González, G Montoya, A Jara, N Ortíz, P Piedra, E Habit. 2012.** Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuena del río Valdivia, Chile). *Gayana Concepc.* 76:86–100. <doi:10.4067/S0717-65382012000100009>
- De Ciechowski JD, RP Sánchez, G Alespeiti, H Regidor. 1986.** Estudio sobre el crecimiento en peso y factor de condición en larvas de anchoíta, *Engraulis anchoita* Hubbs & Marini. Variaciones regionales, estacionales y anuales. *Rev Investig Desarro Pesq.* 5:183–193.
- De Almeida ÁJ, RY Sado, JE Cyrino. 2009.** Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquac Res.* 40(4):486–495. <doi:10.1111/j.1365-2109.2008.02120.x>
- Ern R & A Esbaugh. 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 Mol Integr Physiol*. 222:52–59.
<doi:10.1016/j.cbpa.2018.04.013>

Faulk CK & GJ Holt. 2006. Responses of cobia *Rachycentron canadum* larvae to abrupt or gradual changes in salinity. *Aquaculture*. 254(1):275–283.
<doi: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:10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Fry FEJ. 1971. 1 - The Effect of Environmental Factors on the Physiology of Fish. In: Hoar WS, Randall DJ, editors. *Fish Physiology*. Vol. 6. Academic Press. (Environmental Relations and Behavior). p. 1–98.

Gaumet F, G Boeuf, A Severe, AL Roux, N Mayer -Gostan. 1995. Effects of salinity on the ionic balance and growth of juvenile turbot. *J Fish Biol*. 47(5):865–876.
<doi:10.1111/j.1095-8649.1995.tb06008.x>

Gillikin DP, B De Wachter, JF Tack. 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:10.1016/j.jembe.2003.09.024>.

Kim KW, XJ Wang, SC Bai. 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel). *Aquac Res*. 33(9):673–679. <doi: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:10.1016/S0044-8486(01)00663-9>

Leonardi M, J Vera, E Tarifeño, M Puchi, V Morín. 2010. Vitellogenin of the Chilean flounder 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:10.1007/s10695-009-9350-6>

Lobo C, S Tapia-Paniagua, X Moreno-Ventas, FJ Alarcón, C Rodríguez, MC Balebona, MA Moriñigo, IG de La Banda. 2014. Benefits of probiotic administration on growth and performance along metamorphosis and weaning of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Aquaculture.* 433:183–195. <doi:10.1016/j.aquaculture.2014.06.011>

Mendez KN, R Zuloaga, CA Valenzuela, M Bastias - Molina, C Meneses, P Vizoso, JA Valdés, A Molina. 2018. RNA-seq analysis of compensatory growth in the skeletal muscle of fine flounder (*Paralichthys adspersus*). *Aquaculture.* 490:270–280. <doi:10.1016/j.aquaculture.2018.02.048>

Müller MI, M Radonic, AV López, GA Bambill. 2006. Crecimiento y rendimiento en carne del Lengado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839) cultivado en Argentina. *CIVA.* 4:267–273.

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:10.1007/s11160-009-9131-4>

Orihuela L. 2015. Evaluación de tres microdietas en el destete de “lengado” *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) paralichthyidae, en condiciones de laboratorio. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Pesquero Acuicultor, Universidad Nacional Federico Villarreal. pp. 96.

Partridge GJ & GI Jenkins. 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). *Aquaculture.* 210(1):219–230. <doi: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 (*Spherooides annulatus*, Jenyns 1842). Tesis para optar el grado de Maestría en Ciencias en Ciencias de la Vida, con orientación en Biotecnología Marina. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) Ensenada Baja, California, México, 53 pp
- Piaget N, P Toledo, A Silva, A Vega. 2011.** Nivel óptimo de proteína dietaria para juveniles de lenguado *Paralichthys adspersus* (Pisces: Pleuronectiformes). Rev Biol Mar Oceanogr. 46(1):9–16.
- Quintana CF. 2009.** Células cloro en peces teleósteos. Rev Vet. 20(1):57–60.
- Rodríguez JL, BF Souto, JM Quintáns. 2005.** Preengorde de lenguado senegalés *Solea senegalensis* Kaup, 1858 sometido a diferentes regímenes de alimentación. Bol Inst Esp Oceanogr. 21(1–4):89–93.
- Ruiz -Jarabo I, M Herrera, I Hachero-Cruzado, L Vargas-Chacoff, JM Mancera, FJ Arjona. 2015.** Environmental salinity and osmoregulatory processes in cultured flatfish. Aquac Res. 46(S1):10–29. <doi:10.1111/are.12424>
- Salas - Leiton E, V Anguís, A Rodríguez - Rúa, JP Cañavate. 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:10.1016/j.aquaeng.2010.08.001>
- Salvato B, V Cuomo, P Di Muro, M Beltramini. 2001.** Effects of environmental parameters on the oxygen consumption of four marine invertebrates: a comparative factorial study. Mar Biol. 138(4):659–668. <doi:10.1007/s002270000501>

- Sampaio LA & A Bianchini. 2002.** Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. J Exp Mar Biol Ecol. 269(2):187–196. <doi:10.1016/S0022-0981(01)00395-1>
- Sánchez P, PP Ambrosio, R Flos. 2010.** Stocking density and sex influence individual growth of Senegalese sole (*Solea senegalensis*). Aquaculture. 300(1):93–101. <doi:10.1016/j.aquaculture.2009.12.013>
- Sielfeld W, M Vargas, I Kong. 2003.** Primer registro de *Etropus ectenes* (Jordan, 1889), *Bothus constellatus* (Jordan & 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.
- Silva A. 2001.** 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:10.1300/J028v11n01_11>
- Stefánsson MÖ, AK Imsland, MD Jenssen, TM Jonassen, SO Stefansson, R FitzGerald. 2000.** The effect of different initial size distributions on the growth of Atlantic halibut. J Fish Biol. 56(4):826–836. <doi:10.1111/j.1095-8649.2000.tb00875.x>
- Strand HK & V Oiestad. 1997.** Growth and the effect of grading, of turbot in a shallow raceway system. Aquac Int. 5(5):397–406. <doi:10.1023/A:1018328626979>.
- Tandler A, FA Anav, I Choshniak. 1995.** The effect of salinity on growth rate, survival and swimbladder inflation in gilthead seabream, *Sparus aurata*, larvae. Aquaculture. 135(4):343–353. <doi:10.1016/0044-8486(95)01029-7>

- Tomala D, J Chavarria, B Angeles. 2014.** Evaluacion de la tasa de consumo de oxígeno de *Colossoma macropomum* en relacion al peso corporal y temperatura del agua. Lat Am J Aquat Res. 42(5):971–979. <doi:10.3856/vol42-issue5-fulltext-4>
- Torres M. 2014.** Consumo de oxígeno y ritmo respiratorio en juveniles de *Mugil cephalus* “lisa” en condiciones de laboratorio. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Académico Profesional de Ciencias Biológicas, pp. 30
- Valencia - Santana F & J Valencia - Santana. 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.
- Wu H, J Liu, Z Lu, L Xu, C Ji, Q Wang, J Zhao. 2017.** Metabolite and gene expression responses in juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* exposed to reduced salinities. Fish Shellfish Immunol. 63:417–423. doi:10.1016/j.fsi.2017.02.042
- Zheng Z, C Jin, M Li, P Bai, S Dong. 2008.** Effects of temperature and salinity on oxygen consumption and ammonia excretion of juvenile miiuy croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky). Aquac Int. 16(6):581–589. <doi:10.1007/s10499-008-9169-7>