

# Evaluación del crecimiento del Pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) cultivados en jaulas flotantes en el Lago Titicaca

Growth evaluation of pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) grown in floating cages on Titicaca Lake

Glicerio R. Amaru Chambilla<sup>1\*</sup> y Ernesto Yujra Flores<sup>2</sup>

## Abstract

The pejerrey is a species introduced to Lake Titicaca from the continental waters of Argentina. The study was carried out at the Titicaca Trout Fishing Company, located in front of the city of Pomata, Puno Region, at an altitude of 3882 m a.s.l. The objective of this study was to evaluate the growth of *Odontesthes bonariensis* from two batches (A and B) grown in Lake Titicaca, Peru, in floating cages developed in 2018 and 2019. Silverside juveniles with a length of 77.9 mm and an average age of 120 days were used, sowing a total of 8500 individuals (batch A = 5300 and batch B = 3200) from artificial spawned broodstock confined in floating cages. After 360 days in batch A, a maximum total length of 230.0 ± 2.10 mm was achieved, with a total weight of 80.0 ± 1.73 g, the feed conversion was 1.7 ± 1.39. In batch B, a maximum total length of 231.7 mm ± 2.70 was obtained, with a total weight of 83.07 ± 1.67 g and the feed conversion factor was 1.3 ± 0.67. The feed used was commercial trout feed. It is concluded that the trials of silverside growth in floating cages in Lake Titicaca (Peru) presented encouraging results, showing that the fish tolerates the type of culture and could become an alternative for the development of aquaculture in the region.

**Keywords:** Aquaculture, feeding, growth, pejerrey.

## Resumen

El pejerrey es una especie introducida al lago Titicaca desde las aguas continentales de la Argentina. El estudio se realizó en la Empresa Pesquera Titicaca Trout, localizada al frente de la ciudad de Pomata, región Puno, a una altitud de 3882 msnm. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento del *Odontesthes bonariensis* de dos lotes (A y B) cultivados en el Titicaca, Perú, en jaulas flotantes desarrolladas en los años 2018 y 2019. Se utilizaron juveniles de pejerrey de 77,9 mm de talla promedio con 120 días edad, sembrando un total de 8500 individuos (lote A = 5300 y lote B = 3200), provenientes del desove artificial de reproductores confinados en jaulas flotantes. Al cabo de los 360 días en el lote A se logró una longitud total máxima de 230,0 ± 2,10 mm, peso total 80,0 ± 1,73 g, la conversión alimenticia se encontró en 1,7 ± 1,39. En el lote B se obtuvieron una longitud total máxima de 231,7 mm ± 2,70, peso total 83,07 ± 1,67 g y el factor de conversión alimenticia se halló en 1,3 ± 0,67. El alimento utilizado fue el alimento comercial para truchas. Se concluye que los ensayos del crecimiento de pejerrey en jaulas flotantes en el lago Titicaca (Perú) presentaron resultados alentadores, evidenciando que el pez tolera el tipo de cultivo y se podría convertir en una alternativa para el desarrollo de acuicultura en la región.

**Palabras clave:** Acuicultura, alimentación, crecimiento, pejerrey.

**Recibido:** 11/10/2020

**Aceptado:** 10/03/2021

**Publicado:** 15/04/2021

**Sección:** Artículo original

\*Autor correspondiente: [gamaru@imarpe.gob.pe](mailto:gamaru@imarpe.gob.pe)

## Introducción

El Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) es un Atherinido nativo de las aguas continentales de la Argentina (Thorton *et al.*, 1982; Somoza *et al.*, 2008; López y García, 2001). Esta especie fue introducida al lago Titicaca desde el lago Poopó a través del río Desaguadero en el año 1955 (Loubens y Osorio, 1991); actualmente representa una de las pesquerías dulceacuícolas más importantes (Ortega *et al.*, 2011) y es la principal fuente de proteína en poblaciones de alta montaña, principalmente de la región Puno – Perú (Chura *et al.*, 2013). Esta especie posee un gran potencial de cultivo debido a su gran demanda y alto valor comercial en el mercado nacional e internacional (Ccasani *et al.*, 2017).

A consecuencia de la sobrepesca y las malas prácticas de captura, el cual se realiza con redes de pesca con

luz de malla entre 0,64 y 1,27 cm, se ha visto afectado directamente el stock de juveniles en medio natural (Yujra *et al.*, 2016). Además, el registro histórico de capturas del Pejerrey indica disminución de las mismas desde 1981 (Chura *et al.*, 2013).

Debido a esto, y con la finalidad de desarrollar la tecnología de cultivo de pejerrey en el Titicaca, el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), a través de laboratorio Continental de Puno, desde el año 2015

<sup>1</sup>Laboratorio Continental de Puno-Instituto del Mar del Perú, Área de Acuicultura.

<sup>2</sup>Laboratorio Continental de Puno-Instituto del Mar del Perú, Área de Acuicultura.

**Cómo citar:** Amaru Chambilla, G. R. y Yujra Flores, E. (2021). Evaluación del crecimiento del Pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) cultivados en jaulas flotantes en el Lago Titicaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(2), 69–76. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.228>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

viene realizando investigaciones sobre la reproducción y cultivo de pejerrey (*O. bonariensis*) con el propósito de contribuir a la diversificación de la acuicultura en el lago Titicaca con un enfoque ecosistémico que permita un desarrollo sostenible y que tendrá un impacto social y económico a través de la producción como alimento. Para tal efecto se ha implementado técnicas de manejo en el proceso de desove, manejo de larvas y alevinos en condiciones de laboratorio (Amaru *et al.*, 2019).

Sin embargo, para lograr la etapa de comercialización de esta especie es importante realizar estudios sobre el crecimiento y engorde en sistema intensivo. Para esto se requiere utilizar alimento balanceado que supla los requerimientos nutricionales de la especie y sirva de punto de referencia para la elaboración posterior de dietas especie – específicas. Se ha reportado que el pejerrey, en el medio natural, es de hábitos eurípagos, a tallas menores tiene preferencia por el fitoplancton y el zooplancton, y a mayores tallas se convierten en piscívoro (Grosman *et al.*, 2013, Del Ponti y García, 2015). Por otro lado, se han evaluado dietas comerciales disponibles diseñadas para otras especies con resultados alentadores en torno al crecimiento de *O. bonariensis* en las lagunas Pampásicas - Argentina (Solimano, 2013). Este autor reporta que el pejerrey, al subsidiar con alimento balanceado, obtuvo mayor tamaño y al realizar proyecciones del crecimiento indican que podría obtener peces de 128,7g en menos de un año. En cambio, se desconocen varios aspectos de crecimiento de juveniles de pejerrey en jaulas flotantes bajo las condiciones del lago Titicaca, el cual presenta principalmente variaciones importantes de temperatura durante las estaciones del año (IMARPE, 2016).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de *O. bonariensis* de dos lotes cultivadas en jaulas flotantes instaladas en el lago Titicaca – Perú, utilizando alimento comercial para truchas disponible en el mercado local.

## Materiales y métodos

### Características de los sistemas de cultivo

Los ensayos se realizaron en las inmediaciones de la Empresa Titicaca Trout, situada en el distrito de Pomata, provincia de Chucuito, región Puno, Perú; localizado entre las coordenadas (16°15,4'S, 69°17,6'W) a una distancia de 500 m desde la orilla.

Los sistemas de cultivo consistieron de estructuras flotantes de material galvanizado de 2 pulgadas de diámetro con un perímetro de 5,0 m x 5,0 m, y bolsas de malla de material polyester de ½ y 2,0 pulgadas de 5,0m x 5,0 m x 3,0 m de alto, instaladas a una profundidad mayor a 15 m.

### Obtención de juveniles de pejerrey y características de las unidades experimentales

Se obtuvo dos lotes (A = en el año 2018 y B = en el 2019) juveniles de pejerrey provenientes de plantel de reproductores confinados en jaulas flotantes en la isla los Uros, mediante la reproducción artificial. El proceso de incubación de ovas, embrión y manejo de larvas,

**Tabla 1.** Parámetros de crecimiento de pejerrey en dos lotes (A y B) de la zona de Pomata durante los 360 días de ensayo

Parámetro/ Promedio	Lote A		Lote B	
	A	DS.	B	DS.
Longitud total inicial (LT) (mm)	78,0	± 4,73	77,9	± 4,32
Peso inicial (g)	2,97	± 0,93	2,81	± 0,56
Longitud total final (LT) (mm)	230,0	± 2,10	231,7	± 2,70
Peso final (g)	80,0	± 1,73	83,07	± 1,67
Coefficiente de crecimiento por unidad térmica (CUT)	0,53	-	0,57	-
Factor de condición (IK)	0,61	± 0,08	0,63	± 0,04
Factor de conversión alimenticia (FCA)	1,7	± 1,39	1,3	± 0,67

alevinos y juveniles fueron realizadas en las instalaciones del Laboratorio Continental de Puno - IMARPE, obteniendo juveniles de 120 días de edad, cuales fueron transportados en tanques de 1000 litros, aclimatados y sembrados en jaulas flotantes. Las siembras de cada lote se realizaron en febrero de cada año.

La evaluación de crecimiento y engorde se realizó durante 360 días. Las cantidades sembradas para cada lote fueron los siguientes: Lote A = 5300 individuos con una longitud total promedio de 70,8 mm y un peso promedio de 2,97 g. Lote B = 3200 individuos con una talla inicial promedio de 70,7 mm de LT y un peso promedio de 2,81 g. La densidad inicial de peces en las jaulas fueron 70,6 y 44,0 peces/m<sup>3</sup> respectivamente.

El alimento utilizado durante el ensayo fue alimento para truchas "Nicovita" (producto peruano), con porcentaje de proteínas mayores a 40%, de tipo pellet de los siguientes tamaños: crecimiento I 2 mm por 60 días, crecimiento II 3 mm por 90 días, engorde 4 mm por 120 días y 6 mm por 90 días. Se suministró alimento al zaceo con una frecuencia de dos veces al día, por la mañana entre 09:00 a 10:00 horas y por la tarde entre 15:00 a 16:00 horas.

Durante el periodo de ensayo se evaluó los parámetros físico – químicos (oxígeno disuelto, temperatura y pH) de la zona de cultivo, para lo cual se utilizó equipo multiparámetro (Mettler Toledo, Suiza).

### Evaluación de crecimiento y análisis de datos

El control de crecimiento de pejerrey se realizó cada 30 días. Para ello se colectaron 100 ejemplares de peces al azar a los cuales se registró la talla en mm y peso en gramos, utilizando un ictiómetro acrílico y una balanza de precisión de 0,01 g (JR modelo BS – 1100 alemana) respectivamente. Los peces fueron extraídos mediante

la ayuda de una red con mango (carcal o chiguillo) previamente desinfectado con yodo al 1%. Con los datos obtenidos se realizaron los siguientes cálculos: índice de condición biológica de Fulton (IK) (Ricker, 1979),  $IK = \frac{P}{L^3} \times 100$ . Donde: IK = Índice de condición corporal de Fulton, P = Peso (g) y L = longitud total (cm); asimismo se estimó el coeficiente de crecimiento por unidad térmica  $CUT = 1000 \frac{W2^{1/3} - W1^{1/3}}{TD}$ . Donde W2 es el peso final (g), W1 es el peso inicial (g), T es la temperatura media (°C) y D es el número de días (Iwama Tautz, 1981). Por último, se calculó el factor de conversión alimenticia expresado en la siguiente fórmula:  $FCA = \frac{AC}{IP}$ . Donde AC es alimento consumido (kg) e IP significa incremento de peso (kg) (Steffens, 1987).

Al finalizar el periodo de ensayo se efectuó el conteo total de individuos y se calculó la biomasa producida. La supervivencia fue calculada con el número final de peces con respecto al número inicial de siembra (Tabla 4 y 5).

Asimismo, se estimó la relación longitud – peso, 100 ejemplares por lote. Estas dos variables se ajustaron a un modelo de tipo potencial, cuya función matemática quedó expresada mediante la ecuación  $P = aL^b$ ; donde P = peso total en g, a es la ordenada de origen y la pendiente, Lt longitud total del pez en mm, y b es utilizada para describir el tipo de crecimiento que exhibe el “pez”; para ello se considera crecimiento isométrico si  $b=3$ , cuando el peso y la longitud crecen en la misma proporción con el tiempo, cuando  $b>3$  los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud presentando crecimiento alométrico positivo, en cambio, cuando  $b<3$ , los individuos incrementan su longitud más que su peso se le considera crecimiento alométrico negativo (Froese, 2006).

### Análisis estadístico de datos

Para el tratamiento de los resultados se aplicó métodos estadísticos, los cuales correspondieron al análisis de varianza entre los ensayos para definir las fuentes de variación significativas. Los cálculos se realizaron utilizando el software profesional SPSS, para Windows 14.0. Finalmente, los resultados fueron procesados mediante la prueba Kruskal-Wallis para los datos no paramétricos y la prueba mínima diferencias significativas entre tratamientos diferencias menores a  $p<0,05$  fueron considerados significativas.

## Resultados

### Evaluación del crecimiento

Los valores promedio de crecimiento en peso y talla de pejerrey (*O. bonariensis*) de dos lotes cultivados en jaulas flotantes (A y B) en el lago Titicaca no fueron estadísticamente significativos según ANOVA ( $p>0,05$ ) (Tabla 1), debido a que el ensayo se llevó en las mismas condiciones ambientales (temperatura, oxígeno disuelto y pH) y tipo de alimento. Los peces en cultivo lograron adaptarse a las condiciones ambientales, a la manipulación y la aceptación al confinamiento en jaulas flotantes y al alimento comercial. En ese contexto, la supervivencia obtenida de los ensayos fue de 94,3% en el lote A y

95,3% en el lote B ( $P>0,05$ ), respectivamente.

El consumo de alimento estuvo relacionado con la variación estacional de la temperatura del lago. En la estación de menor temperatura (estación seca), que correspondió a meses de mayo a setiembre, hubo menos consumo de alimento; sin embargo, a temperaturas mayores (estación de lluvias), que correspondió a meses de octubre a abril, el consumo de alimento fue mayor, el suministro de alimento se consigna en la Tabla 2 y 3.

Para evidenciar los cambios producidos en los parámetros productivos por la influencia de la temperatura (Tabla 2 y 3), se vio por conveniente realizar el análisis por etapas teniendo en cuenta este parámetro. Así, la etapa I, estuvo caracterizada por temperaturas de 16,3°C y 15,8°C, la etapa II de 13,8°C y 13,9°C y la etapa III de 16,2°C y 16,4°C.

### Relación Longitud – Peso

La relación longitud y peso total de los lotes A y B (Tabla 4 y 5) se ajustó a un modelo de tipo potencial, cuya función matemática quedó expresada mediante la siguiente ecuación: lote A;  $P = 3E-06$  y  $L^{3,1674}$ , la curva presentó un valor mayor a 3, con una correlación en donde el  $R^2$  es de 0,98; en el lote B,  $P = 3E-06$  y  $L^{3,1462}$ , la curva presentó un valor mayor a 3, con una correlación en donde el  $R^2$  es de 0,99. Dichos resultados indican que los datos estabulados presentan una relación entre peso y longitud de pejerrey de tipo alométrico positivo (Figura 1).

### Evaluación del coeficiente de crecimiento e índice de condición

Al evaluar el coeficiente de crecimiento específico por unidad térmica (CUT) por etapas, se mostraron cambios en la dinámica de crecimiento. Para el lote A, el CUT en la primera etapa, que correspondió entre los meses de febrero a abril, tuvo un valor de 0,59%; mientras la segunda etapa, que correspondió a los meses de mayo a setiembre, el valor bajó a 0,39%; y en la tercera etapa, que correspondió de octubre a febrero, el valor se incrementó en 0,62%. Asimismo, en la primera etapa del lote B el valor se encontró en 0,74%, en la segunda etapa el valor bajó a 0,47% y en la tercera etapa el valor se incrementó en 0,51%.

Por otra parte, el valor de índice de condición (IK) fue variando en ambos lotes: en el lote A los valores se encontraron en 0,63, 0,56 y 0,66 (Tabla 4), mientras en la etapa B fue de 0,60, 0,63 y 0,67 (Tabla 5).

Los análisis de varianza de los ensayos A y B obtenidos de valores del crecimiento, engorde, índice de condición e índice de conversión alimenticia no fueron estadísticamente significativos ( $F = 0,841$   $p>0,05$ ), debido a que este estudio se realizó en condiciones similares. Sin embargo, al analizar el crecimiento mediante el coeficiente de crecimiento por unidad térmica en las tres etapas hubo diferencias estadísticamente significativas. Así, para el año 2018,  $F = 11,98$ ;  $p<0,05$ ; mientras que para el año 2019 se muestra el análisis de la varianza con relación a los periodos de seca y lluvias considerados como etapas, existiendo diferencias significativas entre las medias de unidades térmicas ( $F = 66,9$ ,  $p<0,05$ ).

**Tabla 2.** Control de temperatura, crecimiento, cantidad, ganancia de peso y la tasa de conversión alimenticia de pejerrey en jaulas flotantes en el lote "A" durante los 360 días

Etapas	Promedio T °C	Cantidad de peces	Consumo de Alimento mes(kg)	Biomasa (kg)	Incremento biomasa mes	Ganancia en biomasa por etapa	Ganancia en biomasa (total)	Alimento consumido (kg)	Alimento consumido Total (kg)	Tasa de conversión alimenticia	Tasa de conversión alimenticia por etapas	Tasa de conversión alimenticia Total
Etapa I (febrero - abril)	16,3	5300	0	15,7	15,7					0		
		5200	13,5	24,0	8,2	12,9		32,4		1,6	2,51	
		5150	18,9	28,6	4,7					4,1		
		5100	24,3	49,0	20,4					1,2		
Etapa II (mayo - setiembre)	13,8	5050	35,1	69,6	20,6					1,7		
		5020	37,8	80,7	11,0	83,3		189,0		3,4	2,27	
		5020	45,9	103,3	22,6		384,3		658,8		2,0	1,7
		5010	45,9	111,9	8,7					5,3		
Etapa III (octubre - febrero)	16,2	5010	54,0	146,8	34,9					1,5		
		5008	72,9	214,8	68,0					1,1		
		5000	97,2	278,8	64,0	288,1		437,4		1,5	1,52	
		5000	105,3	327,0	48,2					2,2		
		5000	108,0	400,0	73,0					1,5		

**Tabla 3.** Control de temperatura, crecimiento, cantidad, ganancia de peso y la tasa de conversión alimenticia de pejerrey en jaulas flotantes en el lote "B" durante los 360 días

Etapas	Promedio T °C	Cantidad de peces	Consumo de Alimento mes (kg)	Biomasa (kg)	Incremento biomasa mes	Ganancia en biomasa por etapa	Ganancia en biomasa (total)	Alimento consumido (kg)	Alimento consumido Total (kg)	Tasa de conversión alimenticia	Tasa de conversión alimenticia por etapas	Tasa de conversión alimenticia Total
Etapa I (febrero - abril)	15,8	3200	0,0	9,0	9,0					0		
		3150	7,5	13,1	4,1	20,6		16,8		1,8	2,50	
		3140	9,2	29,6	16,5					0,6		
		3140	16,1	38,7	9,10					1,8		
Etapa II (mayo - setiembre)	13,9	3130	20,2	51,8	13,1					1,5		
		3130	20,3	60,1	8,3	63,8		110,2		2,5	1,70	
		3130	24,4	78,3	18,2		244,4		341,1		1,3	1,3
		3100	29,1	93,4	15,1					1,9		
Etapa III (octubre - febrero)	16,4	3100	31,3	109,4	16,1					1,9		
		3050	40,6	156,0	46,6					0,9		
		3050	41,4	176,9	20,9	160,0		214,1		2,0	1,30	
		3050	48,2	205,9	29,0					1,7		
		3050	52,7	253,4	47,5					1,1		

**Tabla 4.** Peso y longitud promedio, temperatura promedio, índice de condición, coeficiente de crecimiento por unidad térmica y la supervivencia por etapas de pejerrey en lote A.

Meses	Días	LT Promedio (mm)	Peso promedio del pez (g)	Temperatura (T °C)	Temperatura promedio por etapas	Índice de condición de Fulton (IK)	Índice de condición de Fulton (IK) por etapas	Coeficiente de crecimiento por unidad térmica (CUT)	Supervivencia (%)	Supervivencia total
Etapa I (febrero - abril)	0	78,0	2,97	16,3		0,63				
	30	94,0	4,61	16,5	16,3	0,56	0,63	0,59	97,17	
	60	10,0	8,21	16,1		0,71				
	90	122,0	9,61	14,9		0,53				
Etapa II (mayo - setiembre)	120	132,0	13,79	13,1		0,60				
	150	145,0	16,07	13,3	13,82	0,53	0,56	0,39	97,28	
	180	156,0	20,57	13,4		0,54				94,34
	210	157,0	22,34	14,4		0,58				
Etapa III (octubre - febrero)	240	171,0	29,31	15,8		0,59				
	270	185,0	42,9	16,8		0,68				
	300	190,0	55,76	15,9	16,16	0,81	0,66	0,62	99,80	
	330	226,0	65,4	15,6		0,57				
	360	230,0	80,0	16,7		0,66				

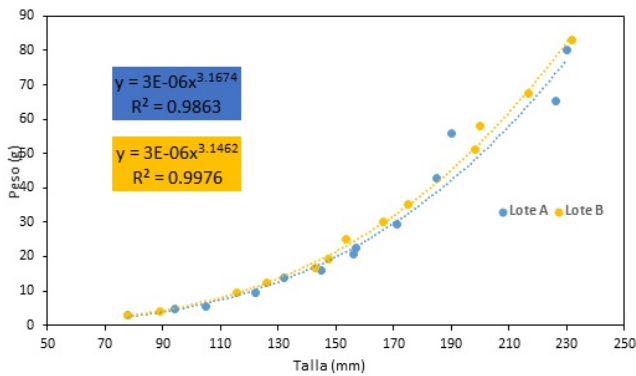


Figura 1. Curva de relación de la longitud y peso de pejerrey. Los puntos azules corresponden al lote A y los puntos amarillos corresponde al lote B.

## Discusión

Los ensayos de cultivo de pejerrey (*O. bonariensis*) en jaulas flotantes instaladas en el lago Titicaca – Perú, durante los 360 días, presentaron en el lote A una supervivencia del 94,3% obteniendo una talla de 230,0 mm y la densidad de 67 unidades por metro cúbico. En el lote B se obtuvo una supervivencia del 95,3% con una talla de 231,7 mm, y la densidad de 41 unidades por metro cúbico. Los valores logrados en este ensayo fueron semejantes a los obtenidos por Velasco *et al.* (2008), quienes, al finalizar el estudio sobre la producción intensiva de juveniles de pejerrey en 196 días, lograron una talla de 110 mm promedio. De la misma forma, García de Souza (2018) en su experimento ha logrado obtener juveniles de pejerrey de 180 mm de longitud total en sólo siete meses de vida cultivado en jaulas flotantes (Laguna San Lorenzo - Argentina). A pesar de presentar dos realidades ambientales distintas (lago Titicaca y lagunas de Argentina), se evidencia que este pez tolera a cambios ambientales y al sistema de cultivo de jaulas flotantes.

El alimento suministrado al pejerrey fue por dieta comercial para truchas. Al proporcionar este alimento, se observó que el pejerrey aparentemente consume de forma lenta en comparación con la trucha; este comportamiento nos permite indicar que el alimento para pejerrey debe ser de lento hundimiento y éstas deben ser de diferentes tamaños de pellet, estable y libre de polvo, también se debe considerar a este alimento como punto de referencia para formular dietas para el pejerrey. Por otro lado, el consumo de alimento posiblemente estuvo relacionado con el comportamiento de la temperatura del agua, pues se observó que a menor temperatura es menos el consumo de alimento y a temperaturas mayores el consumo de alimento fue mayor. Esta aseveración se ajusta con lo mencionado por Velasco *et al.* (2008), quienes indican que a temperaturas inferiores a 15°C el consumo de alimento disminuye y a temperaturas elevadas (29°C o 30°C) los peces dejan de ingerir alimento balanceado.

La tasa de conversión alimentaria encontrada durante el estudio fue de 1,7 en el lote A y 1,3 en el lote B; este último ha tenido una digestibilidad mejor que el lote A, lo cual permitió obtener una producción a menor costo. Esta diferencia encontrada en ambos lotes, pudo ser por la mala programación de suministro de alimento, puesto

que en el lote B hubo control estricto en la frecuencia de alimentación por parte del personal, mas no en el lote A. Velasco *et al.* (2008) encontraron valores de 3,1 en su estudio de producción intensiva de juveniles de pejerrey; en cambio, Berasain *et al.* (2000) obtuvo valores entre 1,9, 1,9 y 2,6 en su estudio sobre las experiencias de cría de pejerrey durante su primer año de vida. Estos valores muestran que la composición nutricional de alimento utilizado para el pejerrey (*O. bonariensis*) tal vez no sea el adecuado por presentar baja conversión alimenticia.

La temperatura del agua influyó en el consumo de alimento y por consiguiente en el crecimiento del pejerrey, se observó que cuando la temperatura del agua incrementa, aumenta el deseo de consumo de alimento; esta aseveración se ajusta con lo mencionado por Velasco *et al.* (2008), quienes indican que a temperaturas elevadas (29°C o 30°C) los peces dejan de ingerir alimento balanceado y a temperaturas inferiores a 15°C el consumo de alimento también disminuye.

El coeficiente de crecimiento específico por unidad térmica indica el incremento en peso por cada unidad de temperatura. Los valores obtenidos en este trabajo van relacionados con las condiciones ambientales, principalmente de la temperatura, donde se observó que los valores de la primera etapa y de la tercera etapa fueron superiores a la segunda etapa del cultivo, evidenciando el desarrollo mejor de los peces en estas dos etapas. Dumas *et al.* (2007) mencionan que el uso de raíz cúbica es adecuado para predecir el peso corporal.

El índice de condición IK es un factor que mostró el estado nutritivo del pez en cultivo con relación al medio en que vive en función a su nutrición; asimismo, fue útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado del pez pudiendo asociarse a una valoración de la contextura, delgadez o gordura (Martínez Millán, 1987). Los valores promedios encontrados para ambas lotes variaron según etapas (<a 1): Amaru (2019) expresa valores entre 1,43 a 1,84 en los pejerreyes de 52 días de edad, Velasco *et al.* (2014) presenta valores obtenidos de IK que variaron entre 0,9 y 1,3 en su estudio sobre el crecimiento de pejerrey en dos condiciones de cultivo, y Solimano (2013) menciona que, en su estudio de juveniles cultivados en jaulas con suplemento de alimento, obtuvo valores entre 0,8 y 1,2. Así también, Baigún *et al.* (2009) registraron valores entre 0,9 y 1,3 en juveniles de pejerrey cultivados en jaulas flotantes mediante el uso de alimento balanceado. Los valores de IK obtenidos en el presente trabajo indicarían que los peces de ambos lotes, aparentemente, no han tenido un crecimiento al ritmo que su biología (relacionada al peso y longitud); esto pudo ser inferido por problemas de alimento, malas prácticas de manejo y el estrés.

Al analizar la relación longitud – peso, mediante el ajuste al modelo matemático de tipo potencial, se obtuvo valores de  $b > 3$  en los dos lotes, manifestando el aumento creciente de masa corporal de los peces desde el cultivo, lo que permite mayor logro de peso proporcional a cierta potencia de longitud. Este comportamiento para Froese (2006) es normal. Entonces, dichos resultados nos indican que los datos estabulados presentan una relación entre peso y talla de pejerrey, mostrando un crecimiento de tipo alométrico positivo. Estos resultados, considerados como patrones de crecimiento, proyectan resultados interesantes incluso en el estado reproductivo

**Tabla 5.** Peso y longitud promedio, temperatura promedio, índice de condición, coeficiente de crecimiento por unidad térmica y la supervivencia por etapas de pejerrey en lote B.

Meses	Días	LT Promedio (mm)	Peso promedio del pez (g)	Temperatura (T °C)	Temperatura promedio por etapas	Índice de condición de Fulton (IK)	Índice de condición de Fulton (IK) por etapas	Coeficiente de crecimiento por unidad térmica (CUT)	Supervivencia (%)	Supervivencia total
Etapa I (febrero - abril)	0	77,9	2,81	16,4		0,59				
	30	88,8	4,17	15,5	15,8	0,60	0,60	0,74	98,1	
	60	115,6	9,43	15,5		0,61				
	90	125,8	12,34	14,0		0,62				
Etapa II (mayo - setiembre)	120	142,9	16,56	13,4		0,57				
	150	147,5	19,20	13,7	13,9	0,60	0,63	0,47	98,7	
	180	153,4	25,00	13,3		0,69				95,3
	210	166,3	30,12	15,1		0,65				
	240	175,0	35,30	16,0		0,66				
Etapa III (octubre - febrero)	270	198,4	51,15	16,4		0,65				
	300	200,0	58,00	16,5	16,4	0,73	0,67	0,51	98,4	
	330	216,6	67,51	16,5		0,66				
	360	231,7	83,07	16,5		0,67				

de las especies (Cifuentes *et al.*, 2012; Felipa *et al.*, 2016).

El cultivo de pejerrey en jaulas flotantes fue factible, lo cual contribuirá a la diversificación de acuicultura en el lago Titicaca; entonces, por presentar condiciones favorables para su sostenibilidad es necesario asegurar la supervivencia de larvas y alevinos de la especie en mención.

## Conclusiones

Los ensayos del crecimiento de pejerrey en jaulas flotantes en el lago Titicaca (Perú) presentaron resultados alentadores, evidenciando que el pez tolera al tipo de cultivo y mostrando consistencia en el comportamiento en el tiempo de ensayo. En el lote A se ha obtenido una supervivencia al 94,34%, con una talla promedio de 230 mm y un peso promedio de 80 g. En el lote B, la supervivencia fue de 95,3%, con una talla promedio de 231,7 mm y con un peso promedio de 83,07 g. Asimismo, al analizar la relación longitud - peso en una ecuación potencial, la curva presentó un valor mayor a 3 y el R<sup>2</sup> en 0,99, el cual indica crecimiento alométrico positivo.

La temperatura influyó en el desarrollo del pez, en este caso las etapas de seca y lluvias fueron muy bien marcadas. En la etapa seca la temperatura promedio fue de 13,8°C y en la etapa de lluvias la temperatura promedio se encontró en 16,2°C. Así también el coeficiente de crecimiento por unidad térmica nos muestra que el pejerrey creció más cuando la temperatura del lago estuvo en rangos elevados.

Este trabajo contribuye en la diversificación de la acuicultura en el lago Titicaca, por consiguiente, en la seguridad alimentaria para el poblador andino; considerando que, en la actualidad, el pejerrey viene presentando una pesca indiscriminada sin tener consideración en la talla mínima de captura (TMC) y menos el periodo de veda establecida.

## Agradecimientos

El presente trabajo se realizó gracias al Programa Presupuestal 094 Ordenamiento y Desarrollo de la Acuicultura, promovido a través de la Dirección General

del Presupuesto Público (DGPP) y a la Dirección General de Acuicultura del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

## Referencias

- Amaru Chambilla, G., Yujra Flores, E. y Gamarra Peralta, C. (2019). Manual para la obtención de alevinos de pejerrey argentino *Odontesthes bonariensis* Valenciennes, 1835 en condiciones de laboratorio. *Inf Inst Mar Perú*, 46(4), 490–498. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3385>.
- Baigún, C., Colautti, D. y Grosman, F. (2009). Assessment of condition in pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Atheriniforme: Atherinopsidae) populations: wich index works best. *Neotropical Ichthyology*, 7(3), 439–446. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000300011>.
- Berasain, G., Colautti, D. y Velasco, C. A. M. (2000). Experiencias de cría de pejerrey, *Odontesthes bonariensis*. *Revista de Ictiología*, 8(1-2), 1–7.
- Chura-Cruz, R., Cubillos, L., Tam, J., Segura, M. y Villanueva, C. (2013). Relación entre el nivel del lago y la precipitación sobre los desembarques del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) en el sector peruano del lago Titicaca entre 1981 y 2010. *Ecología Aplicada*, 12(1), 19–28. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.434>.
- Ccasani Meza, M., Llacta Ramos, J. y Márquez Paniagua, F. (2017). *Planeamiento estratégico para la industria de la acuicultura del Cusco* [tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9661>.
- Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P. y Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 76(Supl. 1), 86–100. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>.
- Del Ponti, O. y García, M. (2015). Alimentación del pejerrey luego de una mortandad masiva de *Odontesthes bonariensis* en las lagunas Bajo Giuliani y Don Tomás, provincia de La Pampa, Argentina. *Semiárida*, 25(1), 7–15.
- Dumas, A., France, J. y Bureau, D. P. (2007). Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

- across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture*, 267(1-4), 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.041>.
- Felipa, G., Walter, B. L. A. S. y Alcántara-Bocanegra, F. (2016). Relación longitud-peso, factor de condición y tabla estándar del peso de mil alevinos de Gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) criados en estanques artificiales. *Folia Amazónica*, 25(1), 17–24. <https://www.researchgate.net/publication/316706791>.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- García de Souza, J. R. (2018). *Cultivo extensivo de pejerrey en jaulas flotantes en lagunas de Buenos Aires: hacia el desarrollo de una acuicultura ecológica*. Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet”. <http://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/8781>
- Grosman, F., Sanzano, P. y Colasurdo, V. (2013). Condición, alimentación y crecimiento del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en una laguna pampeana de Argentina. *Revista AquaTIC*, 39, 44–54. <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/81>.
- Instituto del Mar del Perú. (2016, 09 de abril). *Reporte Diario de la Temperatura Superficial del Agua en el Lago Titicaca [on line]* [Año 1, N° 61]. Instituto del Mar del Perú. [http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id\\_seccion=I0178020400000000000000](http://www.imarpe.pe/imarpe/index.php?id_seccion=I0178020400000000000000)
- Iwama G.K. y A. Tautz. (1981). A simple growth model for salmonids in hatcheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(6), 649–656. <https://doi.org/10.1139/f81-087>.
- López, H.L. y M.L. García.(2001). Aspectos históricos e importancia regional del pejerrey bonaerense. En F. Grosman (Ed.), *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para la correcta gestión del recurso pejerrey* (pp. 8-18). Editorial Astyanax. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50696>.
- Loubens G, y Osorio F. (1991). Especies introducidas: *Odontesthes bonariensis*. En C. Dejoux y A. Ittis (Eds.), *El Lago Titicaca: Síntesis del Conocimiento Limnológico Actual* (pp. 431-449). Orstom; Hisbol
- Martínez- Millán L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. En J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta (Eds.), *Alimentación en Acuicultura* (pp. 295-325). CAICYT.
- Ortega, H., Hidalgo, M. y Correa, E. (2010). *Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú: Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Ministry of the Environment, General Bureau of Biological Diversity; National History Museum, National University of San Marcos (UNMSM). <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/199>.
- Ricker, W. (1979). Growth rates and models. En W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett (Eds.), *Fish Physiology* (pp. 677 – 743). Academic press.
- Solimano, P. J. (2013). *Desarrollo de un sistema de cría semi-intensiva para producción de pejerrey (Odontesthes bonariensis) en jaulas flotantes* [tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/30763>.
- Somoza, G.M., Miranda, L.A., Berasain, G.E., Colautti, D.C., Remes Lenicov, M. y Strüssmann. C.A. (2008). Historical aspects, current status and prospects of pejerrey aquaculture in South America. *Aquaculture Research*, 39, 784-793. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01930.x>.
- Steffens, W. (1987). *Principios fundamentales de la alimentación de los peces*. Editorial Acribia.
- Thorton, R., Dangavs, N.V., Freggiaro, D., Strelsik, A., García, C., Freyre, L., Gariboglio, M.A., Frangi, J. y Toscani, H.A. (1982). *Los ambientes lagunares de la Provincia de Buenos Aires. Documento relativo a su conocimiento y manejo*. Comisión de Investigaciones Científicas.
- Velasco, C. A., Berasain, G. E. y Ohashi, M. (2008). Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Biología Acuática*, 24, 53-58. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67983>.
- Velasco, C., Berasain, G. y Padín, D. (2014). Crecimiento de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) bajo dos diferentes condiciones de cultivo. *Biología Acuática*, 30, 229-239. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56939>.
- Yujra E., G. Amaru, M. Segura, C. Villanueva, H. Siguyro, R. Chura. (2016). Obtención experimental de alevinos de *Odontesthes bonariensis* (pejerrey), bajo manejo productivo en cautiverio y laboratorio, Puno-Perú. *Campus*, 21, 49–56. <https://doi.org/10.24265/campus.2016.v21n21.04>.

