

Crecimiento del pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), en cultivo y en poblaciones silvestres: un meta-análisis

Growth of pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), in culture and in wild populations: a meta-analysis

GUSTAVO E. BERASAIN¹ , MIRIAM E. MAROÑAS² , CLAUDIA A. MARCELA VELASCO¹ ,
DAMIÁN ALBERTO PADÍN¹ , FERNANDO CARLOS MIR¹ , LEANDRO A. MIRANDA³ 
Y DARÍO C. COLAUTTI² 

¹ Estación Hidrobiológica Chascomús, Ministerio de Desarrollo Agrario. Av. Lastra y Juárez, (B7130) Chascomús, Buenos Aires, Argentina.

² Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (CONICET – UNLP), La Plata, Argentina

³ Laboratorio de Ictiofisiología y Acuicultura, Instituto Tecnológico de Chascomús, (CONICET-UNSAM), Intendente Marino Km 8.2 (B7130IWA), Chascomús, Buenos Aires, Argentina. Escuela de Bio y Nanotecnologías (UNSAM).

E-mail: colautti@ilpla.edu.ar

RESUMEN. El cultivo de pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), desarrollado en Argentina, permite la obtención de huevos y larvas provenientes de reproductores criados en tanques. No obstante, su acuicultura masiva aún no se ha consolidado, entre otras cosas, por el crecimiento lento de la especie. El objetivo de este trabajo es comparar mediante meta-análisis, el crecimiento de *O. bonariensis* en acuicultura intensiva con el de poblaciones silvestres para conocer en qué medida la especie expresa su potencial en cautiverio. Los datos de longitud estándar por edad, compilados de publicaciones sobre crecimiento en cultivo y en ambientes naturales, fueron ajustados al modelo de crecimiento de von Bertalanffy y convertidos a peso promedio en gramos (W) utilizando la ecuación de peso estándar del pejerrey. Se calcularon los incrementos anuales en W (IW) y la ganancia anual de peso (SAIW) como la diferencia entre los IW en años sucesivos. En el cultivo, el crecimiento en talla y peso por edad se ubicó por encima de la media registrada para los ambientes naturales. Tanto en cultivo como en ambientes naturales, la SAIW presentó valores negativos a partir del tercer año y la máxima ganancia se obtuvo entre el primer y segundo año. Si bien el crecimiento en cautiverio fue superior al de la mayoría de los ambientes considerados, la existencia de valores de tallas superiores por edad en algunas poblaciones silvestres sugiere la posibilidad de alcanzar mejoras en el crecimiento en cultivo.

Palabras clave: Acuicultura, biotecnología, crecimiento, lagunas pampeanas, producción.

ABSTRACT. The culture of pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), developed in Argentina, allows the obtaining of eggs and larvae from adults reared in tanks. However, its massive aquaculture is still delayed, among other things, by the species slow growth. The aim of this study is to compare, through meta-analysis, the growth of *O. bonariensis* in intensive aquaculture with that of wild populations to determine the extent this species expresses its potential growth in captivity. Standard length data at age, compiled from publications of in culture and in natural environments, were fitted to the von Bertalanffy growth model and converted to average weight in grams (W) using the standard silverside weight equation. Annual increases in W (IW) and annual

weight gain (SAIW) were calculated as the difference between successive IW years. In culture, growth in size and weight per age were above the average recorded among natural environments. Both in cultivation and in natural environments, the SAIW began to present negative values from the third year and the maximum gain was obtained between the first and second year. Although growth in captivity was higher to that in most of the environments considered, the existence of higher size values per age in some wild populations suggest that improvements in growth in culture could potentially be achieved.

Keywords: Aquaculture, biotechnology, growth, Pampean shallow lakes, production

INTRODUCCIÓN

El pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), es considerado comercial y deportivamente, el pez más importante que habita las aguas epicontinentales de la región pampeana de la Argentina (Bonetto y Castello, 1985; Grosman, 1995; Reartes, 1995; Somoza *et al.*, 2008). Debido a lo atractiva que resulta su pesca deportiva y por la alta calidad de su carne fue introducido con éxito en otras provincias argentinas y en algunos países de América del Sur (Sverlij y Mestre Arceredillo, 1991; Loubens y Osorio 1992; Somoza *et al.*, 2008; Berasain *et al.*, 2010; Berasain y Velasco, 2019). En la Argentina hace más de cien años que comenzaron los intentos para lograr su cultivo y manejo (Berasain *et al.*, 2010). Las iniciativas de cría han conducido al desarrollo actual de su acuicultura logrando obtener embriones, larvas, juveniles y adultos a partir de reproductores mantenidos en condiciones de cría intensiva (Miranda *et al.*, 2006; Berasain *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2019). No obstante, de acuerdo con Somoza *et al.* (2008) el desarrollo masivo de la acuicultura del pejerrey como actividad comercial no se ha consolidado por razones de índole biológico, tecnológico y cultural que aún no han podido ser completamente resueltas. Entre las restricciones biológicas que plantea la especie, una de las más importantes es el lento crecimiento en relación con otras especies utilizadas en acuicultura (Luchini *et al.*, 1984; Somoza *et al.*, 2008).

Los datos disponibles sobre el crecimiento del pejerrey bajo condiciones controladas desde la eclosión hasta la talla comercial mínima, de 25

cm de longitud total, son escasos y se restringen a su producción intensiva en tanques (Toda *et al.*, 1995; Miranda *et al.*, 2006; Berasain *et al.*, 2008; Somoza *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2014; Velasco *et al.*, 2019), en jaulas (Amaru Chambilla y Yujra Flores, 2021) y en sistemas mixtos (cava, jaulas y tanques; Colautti *et al.*, 2009) donde en el mejor de los casos la talla comercial mínima se alcanza a los dos años de iniciado el cultivo.

En lo que respecta a poblaciones en ambientes naturales, varios autores han publicado trabajos e informes en los cuales se analiza el crecimiento individual de la especie en el contexto de evaluaciones pesqueras y/o ictiofaunísticas. Si bien el modelo de von Bertalanffy ha sido el más utilizado para ajustar las curvas que describen el crecimiento de la especie, la información para generar las claves talla-edad que permiten obtener los parámetros del modelo, no necesariamente coinciden. Algunos trabajos se basan en el método lepidológico como base para el ajuste (Sverlij y Mestre Arceredillo, 1991; Mancini y Grosman, 1998; Colautti y Berasain, 1999; Grosman, 1999; Berasain *et al.*, 2001; Grosman y Sanzano, 2003, 2006; Grosman *et al.*, 2000, 2001a, b, c, 2005b; Silverio *et al.*, 2004; Mancini *et al.*, 2009). Algunos de ellos utilizan el método de análisis de progresión modal (Freyre *et al.*, 1983; Freyre *et al.*, 1997; Grosman *et al.*, 2005a; Flores Gómez, 2010, 2019) y, en varios trabajos aplican el último método citado con una validación a través del análisis del crecimiento por la escama (Freyre y Sendra, 1993). De acuerdo con la bibliografía, esta especie habita ambientes con características limnológicas tan diferentes como ríos, lagunas pampeanas, embalses y lagos andinos, lo que indica una alta

plasticidad y que podría implicar una amplia variación potencial en el crecimiento en cada uno de ellos (Mancini *et al.*, 2016). Esta condición puede ser crítica para la acuicultura de cualquier especie y merece ser analizada con el fin de conocer su rango de variación en la naturaleza y evaluar la posibilidad de mejorar el rendimiento de la especie en condiciones de cultivo.

El objetivo de este trabajo es comparar mediante meta-análisis, el crecimiento de *O. bonariensis* en acuicultura intensiva con el de poblaciones silvestres para conocer en qué medida la especie expresa su potencial en cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se compiló la información del crecimiento de *O. bonariensis* bajo condiciones de cultivo intensivo en tanques, obtenida a partir de diferentes lotes criados en la Estación Hidrobiológica de Chascomús (EHCh) durante varios ciclos anuales entre 2004 y 2015. Las condiciones de cultivo particulares de cada lote se encuentran en: Miranda *et al.*, 2006; Berasain *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2008, Berasain *et al.*, 2013; Velasco *et al.*, 2014; Velasco *et al.*, 2019.

Durante las experiencias, para registrar la longitud estándar (Lst, mm), la longitud total (Lt, mm) y el peso (W, g), los peces fueron capturados con redes de malla fina y colocados en una batea donde fueron anestesiados con benzocaína 100 ppm. Se registraron las medidas de más de 2000 pejerreyes de diferentes edades, correspondientes a los distintos lotes, desde juveniles hasta adultos de 9 años de edad. Los valores de talla-edad fueron volcados a una base de datos única y se ajustó una curva de von Bertalanffy con el objeto de obtener un modelo que describa el de crecimiento promedio de los pejerreyes criados bajo condiciones de cultivo intensivo en la EHCh, según la ecuación:

$$Lst_t = L\infty (1 - e^{-k(t+t_0)})$$

donde: Lst_t es la talla del pez en la edad t; L[∞] es la longitud asintótica; k: coeficiente de crecimiento

y t₀: edad teórica a la longitud cero. El ajuste de los parámetros se realizó por mínimos cuadrados.

Por otro lado, se compiló la información publicada en trabajos científicos e informes técnicos sobre crecimiento individual de *O. bonariensis* en diferentes ambientes naturales (Tabla 1). Dado que las estimaciones de crecimiento de la especie fueron realizadas utilizando datos provenientes de escamas, distribuciones de frecuencias de tallas o a partir de ejemplares bajo condiciones de cultivo, se consideraron sólo aquellos estudios en los cuales los autores proporcionaron los parámetros de ajuste a la curva de von Bertalanffy.

En la mayoría de los trabajos sobre ambientes naturales, la medida de la talla del pez fue la Lst expresada en mm. En los casos en que resultó necesario convertir los datos de Lt a Lst, se realizó a través de la recta de regresión ajustada a los pares de datos de Lt y Lst de 323 individuos entre 120 y 507 mm de Lst.

A partir de la información analizada utilizando los parámetros de las respectivas curvas de crecimiento, se estimaron las Lst alcanzadas por los individuos de cada población desde la edad 1 hasta la máxima edad registrada en esa población, tanto en poblaciones naturales como en cautiverio. Los datos de Lst por edad fueron convertidos a peso promedio en gramos (W) utilizando la ecuación de peso estándar de *O. bonariensis* (Colautti *et al.*, 2006). Se calcularon los incrementos anuales en W (IW) y la ganancia anual del incremento en peso (SAIW) según la ecuación SAIW=IWt+1-IWt.

RESULTADOS

El rango de variación de la temperatura en los ensayos de cría fue de 17 a 24°C que corresponden a valores apropiados para la especie (Miranda *et al.*, 2006; Berasain *et al.*, 2008; Velasco *et al.*, 2008; Berasain *et al.*, 2013; Velasco *et al.*, 2014; Velasco *et al.*, 2019). En la Tabla 1 se presentan los resultados correspondientes a los parámetros de la curva de crecimiento individual de von Bertalanffy

Tabla 1. Parámetros de ajuste al modelo de crecimiento individual según von Bertalanffy para el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en cultivo y de distintos ambientes. L_{∞} = longitud máxima asintótica (mm); k = constante de crecimiento; t_0 = edad teórica con longitud igual a cero (partes de año). Se incluye el código para cada ambiente utilizado en las figuras presentadas en el texto.

Table 1. Fitted parameters to the individual growth model according to von Bertalanffy for pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in different environments. L_{∞} = maximum asymptotic length (mm); k = growth constant; t_0 = theoretical age with length equal to zero (parts of year). The code for each environment used in the figures presented in the text is included.

Fuente	Ambiente	Código	L_{∞}	k	t_0
Este trabajo	Tanques	EHCh.	392,83	0,437	0,183
Berasain <i>et al.</i> (2001)	Laguna Chasicó	Chas.	384,75	0,550	-0,490
Colautti y Berasain (1999)	Laguna El Cuerú	Cuer.	319,60	0,760	-0,049
Flores Gómez (2010)	Lago Titicaca	Titic.a	526,30	0,19	-0,084
Flores Gómez (2010)	Lago Titicaca	Titic.b	526,30	0,20	-0,08
Flores Gómez (2010)	Lago Titicaca	Titic.c	526,30	0,23	-0,054
Flores Gómez (2010)	Lago Pequeño	Pequ.	526,30	0,40	-0,047
Flores Gómez (2019)	Lago Titicaca	Titic.	525,00	0,34	-0,420
Freyre (1976)	Laguna de Lobos	Lob.'72	400,00	0,377	-0,792
Freyre <i>et al.</i> (1983)	Embalse Río Tercero	Terc.'80	318,00	0,338	-1,571
Freyre <i>et al.</i> (1997)	Laguna de Lobos	Lob.'87	446,58	0,388	-0,387
Grosman (1999)	Embalse Lago Fuerte	Fuer.	309,58	0,32	-0,224
Grosman <i>et al.</i> (2000)	Lago Municipal de Colón	Col.	393,01	0,399	0,332
Grosman <i>et al.</i> (2001a)	Laguna Las Mulitas	Mul.	482,70	0,20	-1,840
Grosman <i>et al.</i> (2001b)	Laguna La Ballenera	Ball.	387,89	0,396	0,664
Grosman <i>et al.</i> (2001c)	Laguna Igartúa	Igar.	391,69	0,27	-0,44
Grosman <i>et al.</i> (2005a)	Laguna La Peregrina	Pereg.	363,53	0,484	0,082
Grosman <i>et al.</i> (2005b)	Laguna Puán	Puán	591,55	0,180	-0,287
Grosman <i>et al.</i> (2005b)	Laguna La Segovia	Sego.	433,20	0,360	-0,056
Grosman <i>et al.</i> (2005b)	Laguna Albouy	Alb.	419,68	0,390	-0,037
Grosman y Sanzano (2003)	Laguna Del Estado	Est.	379,91	0,440	0,174
Grosman y Sanzano (2006)	Laguna Arrillaga	Arri.	298,50	1,369	0,526
Mancini y Grosman (1998)	Embalse Río Tercero	Terc.'97	446,58	0,387	-0,640
Mancini <i>et al.</i> (2009)	Laguna Los Charos	Char.	459,80	0,310	-0,175
Silverio <i>et al.</i> (2004)	Embalse Surampa	Sur.	441,54	0,30	0,523
Sverlij y Mestre Arceredillo (1991)	Embalse La Florida	Flor.	360,36	0,340	-0,628

ajustada a las tallas medias alcanzadas a cada edad en la EHCh y los correspondientes a las curvas obtenidas por los autores en los trabajos realizados en ambientes naturales. La ecuación de la recta de regresión ajustada para transformar la Lt en Lst resultó: $Lst = 0,871 Lt - 7,5813$ ($r^2 = 0,999$).

En la Figura 1 se presentan las longitudes alcanzadas en cada clase de edad para la EHCh y para los trabajos realizados en ambientes naturales, junto con la curva de crecimiento

individual correspondiente a la EHCh. Puede observarse que las tallas por edad de la EHCh se ubicaron por encima de la mitad de las tallas registradas entre los ambientes analizados en este trabajo, particularmente en los tres primeros años de vida.

En la Figura 2a se consignan para cada clase de edad y ambiente los valores IW. Estos muestran una amplia dispersión para cada edad entre ambientes y, en general, los máximos valores registrados se observan entre la tercera y la

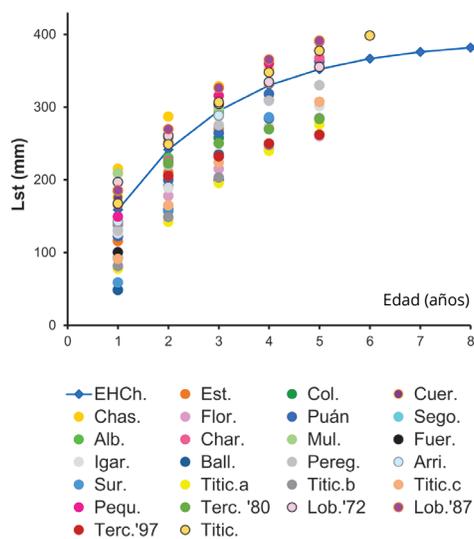


Figura 1. Curva de crecimiento de *Odontesthes bonariensis* con los datos registrados en la Estación Hidrobiológica de Chascomús y longitudes estándares a la que llegan los individuos de la especie en diferentes ambientes naturales desde la edad 1 hasta la máxima edad detectada en sus respectivos ambientes. Códigos de ambientes en la Tabla 1.

Figure 1. Growth curve of *Odontesthes bonariensis* with the data recorded at the Estación Hidrobiológica de Chascomús and standard lengths reached by individuals of the species in different natural environments from age 1 to the maximum age detected in their respective environments. Environment codes in Table 1.

quinta clase de edad. Teniendo en cuenta al conjunto de datos analizados en este trabajo, las estimaciones de incremento en peso anual para la EHCh están por encima del valor medio. En la Figura 2b se presentan los valores del SAIW donde puede observarse que tanto en los ambientes naturales como en condiciones de cultivo intensivo para *O. bonariensis* este saldo anual comienza a tener valores negativos a partir de la tercera clase de edad y que la máxima ganancia ocurre el primer y segundo año de vida.

DISCUSIÓN

Al analizar los resultados del crecimiento para *O. bonariensis* bajo condiciones de cría intensiva

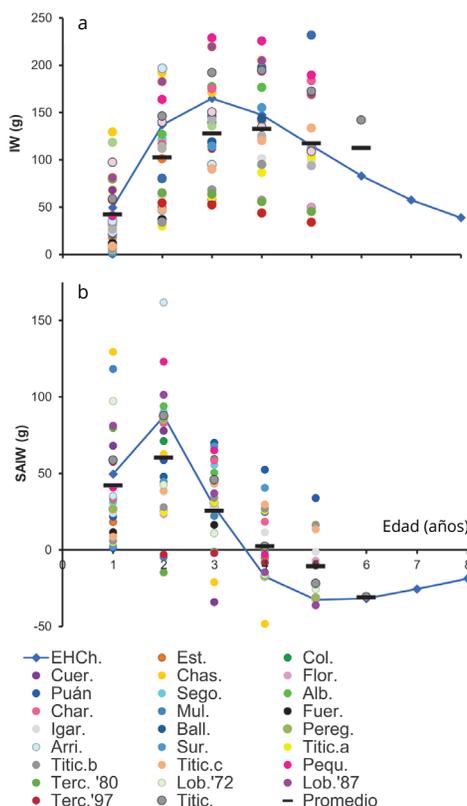


Figura 2. a. Incremento en peso (IW) de *Odontesthes bonariensis* para los datos de la Estación Hidrobiológica de Chascomús (EHCh) y para cada población considerada en este estudio. **b.** Ganancia anual de incremento en peso (SAIW) para el mismo conjunto de datos. Códigos de ambientes en la Tabla 1.

Figure 2. a. Increase in weight (IW) of *Odontesthes bonariensis* for the data from the Estación Hidrobiológica de Chascomús (EHCh) and for each population considered in this study. **b.** Annual gain in weight (SAIW) for the same data set. Environment codes in Table 1.

en tanques con respecto a lo registrado en ambientes naturales se observó que, tanto el crecimiento individual en longitud como en peso, se ubicaron por encima de los valores medios generales, superando a más de la mitad de las poblaciones en ambientes naturales, principalmente en los primeros años de vida. Es importante destacar que, utilizando la técnica de producción intensiva en tanques, la talla mínima comercial fue alcanzada en el intervalo de tiempo correspondiente a las edades 2-3 (Toda *et al.*, 1995; Miranda *et al.*, 2006; Berasain

et al., 2008 Velasco *et al.*, 2019). Esto implica que al menos durante dos años se deben asumir los costos de alimentación artificial, de energía para mantenimiento del sistema, del personal, entre otros, antes de obtener ingresos por la comercialización de la producción. Si se compara con la duración de los ciclos productivos de otras especies de peces utilizadas en acuicultura en la Argentina como el pacú *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), la tilapia (*Oreochromis* sp.) y la trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), el ciclo productivo del pejerrey es más prolongado. En el caso de la tilapia, la biomasa individual de consumo (500 g o más) puede alcanzarse en un período de producción de aproximadamente seis meses en el rango de temperaturas adecuadas a cielo abierto (Wicki y Gromenida, 1998), mientras que, para la trucha arco iris, el peso de comercialización (200 – 300 g) se obtiene en un lapso de 4 meses (Luchini, 2020). Por esto, a pesar del buen crecimiento observado en el pejerrey bajo condiciones de cultivo con respecto a los ambientes naturales, resulta evidente que este parámetro, de no cambiar la talla de consumo por una menor, seguirá siendo limitante en lo referente a la duración de los ciclos productivos. En este sentido, los resultados indicaron que no es conveniente criar a la especie más allá de tres años ya que tanto para ambientes naturales como para los sistemas de cultivo analizados, se observó que a partir del tercer año la ganancia en peso de *O. bonariensis* disminuye considerablemente.

En función de lo mencionado, los estudios futuros deberían orientarse a incrementar la tasa de crecimiento durante el primer y segundo año post eclosión. Para alcanzar este objetivo podría experimentarse optimizando el ambiente de cultivo ensayando diferentes condiciones de salinidad y temperatura que resultan claves en especies de agua dulce.

Se ha comprobado que para peces de agua dulce o eurihalinos el pasaje a salinidades crecientes modula los niveles de hormona del crecimiento, incrementa la tasa de alimentación, y produce un aumento en el crecimiento somático en general (Canosa y Bertucci, 2023). En particular para el pejerrey, Tsuzuki *et al.*

(2000) demostraron que las tasas de crecimiento de larvas y juveniles mejoraron a salinidades entre 5 a 20 g/L. A su vez, se ha demostrado que el cultivo de pejerrey a salinidades intermedias reduce el estrés dado que los peces realizan menos trabajo osmótico, reduce el nivel de cortisol y, aumenta el nivel de la hormona de crecimiento en plasma (Tsuzuki *et al.*, 2000; Tsuzuki *et al.*, 2001). El cortisol producido por los peces en diferentes situaciones de estrés lleva a la reducción del crecimiento somático en los mismos (Canosa y Bertucci, 2023). Los resultados obtenidos en los trabajos realizados en ambientes naturales compilados en este estudio muestran que, en dichos ambientes naturales pueden observarse crecimientos máximos no solo en cuerpos de agua de alta salinidad sino también en otros con baja salinidad como la laguna de Lobos (Boltovskoy *et al.*, 1990), el Embalse del Río III (Mac Donagh *et al.*, 2009) y el Lago Titicaca (Beltrán Farfán *et al.*, 2015). Mas allá de esta observación, resulta evidente que en condiciones de cultivo intensivo las salinidades intermedias no representarían una condición indispensable para obtener mejores estándares de crecimiento. De hecho, la disponibilidad de zooplancton de calidad y en abundancia podría representar un factor clave para el crecimiento del pejerrey en ambientes naturales tal como se ha documentado al aplicar técnicas de cultivo ecológico en jaulas flotantes en lagunas pampeanas (García de Souza *et al.*, 2017; García de Souza *et al.*, 2021).

Probablemente la temperatura puede ser otra de las causas del éxito del crecimiento en los tanques de cría. Durante todo el período de cultivo analizado se mantuvo relativamente constante y dentro del rango óptimo (17 a 24°C) para la especie según Toda *et al.* (1995). Este régimen térmico es claramente diferente al que experimentan los individuos en los ambientes naturales considerados donde existe estacionalidad y variabilidad térmica. En efecto, Miranda *et al.* (2022) registraron, para la laguna Chascomús, un rango de temperatura media entre 8,9°C y 25,6°C. Es probable que esta variación térmica opere en contra de la expresión máxima del crecimiento, dado que aproximadamente la mitad del año las

temperaturas se ubican fuera del óptimo referido. Mas allá de estas observaciones, se registraron varias curvas de crecimiento en ambientes naturales que se ubicaron por encima de la curva bajo cultivo intensivo, dando la pauta de que, aunque el control de esta variable en condiciones de cautiverio puede resultar ventajosa, en la naturaleza no parece ser una restricción para la expresión máxima del crecimiento en ciertos casos. Los peces de clima templado como el pejerrey suelen presentar oscilaciones estacionales en el crecimiento (Pauly *et al.*, 1992), lo que conlleva que durante el ciclo anual se registren periodos de menor y mayor crecimiento. Esta dinámica podría incluir mecanismos de crecimiento compensatorio durante los períodos favorables (Ali *et al.*, 2003), que eventualmente le posibilitarían a la especie superar la ventaja que propician las temperaturas constantes dentro de su rango óptimo durante todo el año en cautiverio.

Para peces teleósteos, la adecuada composición de los nutrientes que componen la dieta artificial tiene una fuerte influencia en el crecimiento (Bertucci *et al.*, 2019; Canosa y Bertucci, 2020). En el caso del pejerrey, aún no se han determinado los requerimientos nutricionales específicos para cada etapa del crecimiento y se utilizan piensos desarrollados para otros peces de cultivo. El diseño de dietas específicas para cada etapa (larval, juvenil y adulto) seguramente contribuirá a mejorar el crecimiento y posiblemente permitiría la expresión del remanente de capacidad potencial de incremento anual de peso como se observó en las curvas en ambientes naturales superiores a la del cultivo intensivo. Gómez-Requeni *et al.* (2013, 2019) reportaron que en juveniles de *O. bonariensis* una dieta con un contenido lipídico del 10% sería la adecuada para mejorar el crecimiento. Cabe destacar que la dieta con la que se criaron los pejerreyes de este trabajo contiene un porcentaje de lípidos menor al indicado.

Otras estrategias con las que se podría mejorar el crecimiento de la especie en cautiverio, sería mediante la aplicación de herramientas biotecnológicas que impacten sobre diferentes aspectos de su fisiología. Por ejemplo, se

sabe que el pejerrey madura sexualmente aproximadamente un año después de la eclosión, antes de llegar al tamaño comercial, derivando energía a los procesos reproductivos y no al crecimiento (Strüssmann, 1989; Reartes, 1995; Miranda *et al.*, 2009). Por lo tanto, detener o atenuar la maduración gonadal resultaría en la utilización de más energía para crecimiento somático. En este sentido se observó que utilizando fotoperiodos cortos (similar al invierno) es posible detener la maduración gonadal manteniendo a los ejemplares en condiciones de arrestamiento gonadal (Strüssmann, 1989; Miranda *et al.*, 2007; Miranda *et al.*, 2009). Otra posibilidad sería la producción de peces estériles. En el pejerrey, experimentalmente, se obtuvieron ejemplares estériles exponiendo larvas recién eclosionadas por períodos de 8–12 semanas a 29°C (Ito *et al.*, 2003; Ito *et al.*, 2008). Sin embargo, no se realizó un seguimiento en el crecimiento hasta la talla comercial. Por otra parte, se comprobó que en peces es posible la generación de hembras triploides estériles (Pandian y Sheela, 1995), aunque para el pejerrey estos ejemplares registraron altas tasas de mortalidad y malformaciones, sin registrar crecimientos superiores a individuos normales (Strüssmann *et al.*, 1993).

Por otro parte, la hibridación es una técnica que fue puesta a punto en varias especies de peces para producir individuos estériles con mejores tasas de crecimiento y en caso de escapes a los ambientes naturales no produzcan polución biológica (Zohar, 2021). Para el pejerrey, Strüssmann *et al.* (1997) obtuvieron híbridos entre *O. bonariensis* y *Odontesthes hatcheri* (Eigenmann, 1909), que resultaron ser fértiles. Según Toda *et al.* (1995) estos híbridos, en criaderos de Japón, tuvieron mejor performance, superando en crecimiento y supervivencia a sus progenitores. Sin embargo, al ser híbridos fértiles traería aparejados problemas con los pejerreyes silvestres en caso de escapes.

Otra herramienta que podría utilizarse sería la administración de hormona de crecimiento que en pejerrey permitió un incremento del 30% del crecimiento en peso luego de su administración en forma oral con el alimento

(Sciara *et al.*, 2011). Si bien estos resultados son alentadores su utilización podría ocasionar en los consumidores resistencia a la ingesta de peces tratados con hormonas.

Otro camino para superar esta limitante del crecimiento sería el mejoramiento genético orientado a incrementar las tasas de crecimiento a través de selección de individuos. Aunque se trata de un método clásico que requiere tiempo, ha arrojado resultados favorables con *O. bonariensis* en Japón donde se obtuvieron líneas más dóciles y fecundas (Toda *et al.*, 1995).

CONCLUSIÓN

A partir de los datos analizados sobre el crecimiento de *O. bonariensis* en cultivo intensivo y en ambientes naturales se observa que existe potencialmente un margen para incrementar el crecimiento en cautiverio. No obstante, a partir del tercer año la ganancia en peso de *O. bonariensis* disminuye considerablemente en cultivos intensivos como en poblaciones silvestres, lo que muestra que sería una desventaja mantener a los peces en cautiverio más allá de esa edad.

AGRADECIMIENTOS

A todo el personal de la Estación Hidrobiológica de Chascomús por su colaboración y apoyo incondicional en el trabajo diario. A los revisores anónimos que contribuyeron a mejorar la redacción del trabajo original.

Declaración de contribuciones CRediT.

G.E.B.: Conceptualización, Curación de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Administración del proyecto, Recursos, Supervisión, Redacción – borrador original.

M.E.M.: Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

C.A.M.V.: Conceptualización, Curación de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Administración del proyecto, Recursos,

Supervisión, Redacción – borrador original.
D.A.P.: Recursos. **F.C.M.:** Recursos. **L.A.M.:** Conceptualización, Análisis formal, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición. **D.C.C.:** Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Metodología, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición.

REFERENCIAS

Ali, M., Nicieza, A. y Wootton, R. J. (2003).

Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and fisheries*, 4(2), 147–190. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00120.x>

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. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.228>

Beltrán Farfán, D. F., Palomino Calli, R. P., Moreno Terrazas, E. G., Peralta, C. G. y Montesinos-Tubée, D. B. (2015).

Calidad de agua de la bahía Interior De Puno, Lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista Peruana De Biología*, 22(3), 335–340. <https://doi.org/10.15381/rpb.v22i3.11440>.

Berasain, G. E., Colautti, D. C y Remes Lenicov, M. (2001).

Laguna Chasicó, partido de Villarino y Puán. Informe Técnico Nro 34. Dirección Desarrollo Pesquero; Subsecretaria de Actividades Pesqueras, M.A.A., Buenos Aires.

Berasain, G. E. y Velasco, C. A. (2019).

Registro histórico e importancia del repoblamiento de pejerrey desde la Estación Hidrobiológica de Chascomús. VII Jornada de Historia de Chascomús y La Región.

Berasain G., Velasco C. A. y Chiclana, M. (2010).

Historia de la piscicultura del pejerrey en Chascomús. Una aproximación. *ProBiota*, FCNyM, UNLP. *Serie Documentos*, 14, 1–24.

<http://www.maa.gba.gov.ar/pesca/archivos/publicienti/historiapispejchasc.pdf>

- Berasain, G. E., Velasco, C. A., Mir, F. y Padín, D. A. (2008).** Producción intensiva de ovas embrionadas de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) a partir de reproductores mantenidos en cautiverio. *Biología Acuática*, 24, 11–16.
- Berasain, G. E., Velasco, C. A. y Padín D. A. (2013).** Técnicas para la producción de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) con fines de repoblamiento en Argentina. Conferencia Magistral en el II Simposio Internacional del Lago Titicaca-TDPS... una responsabilidad compartida. Puno, Perú, marzo de 2013.
- Bertucci J. I., Blanco, A. M., Sundarrajan, L., Rajeswari, J. J., Velasco, C. y Unniappan, S. (2019).** Nutrient regulation of endocrine factors influencing feeding and growth in fish. *Frontiers in Endocrinology*, 10(83). <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00083>
- Boltovskoy, A., Dippolito, A., Foggeta, M., Gómez, N. y Álvarez, G. (1991).** La laguna Lobos y su afluente: limnología descriptiva, con especial referencia al plancton. *Biología Acuática*, 14.
- Bonetto, A. A. y Castello, H. P. (1985).** Pesca y piscicultura en aguas continentales de América Latina. Monografías de la OEA Nro 31, Serie Biología, Programa Regional Desarrollo Científico y Técnico, Washington, USA.
- Canosa L. F. y Bertucci J. I. (2020).** Nutrient regulation of somatic growth in teleost fish. The interaction between somatic growth, feeding and metabolism. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 518, 111029. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.111029>
- Canosa, L. F. y Bertucci, J. I. (2023).** The effect of environmental stressors on growth in fish and its endocrine control. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1109461. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1109461>
- Colautti, D. C. y Berasain, G. (1999).** Laguna El Cuerú, partido de Pehuajó. Informe Técnico. Dirección de Desarrollo Pesquero. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, Provincia de Buenos Aires.
- Colautti, D. C., García de Souza, J. R. y Mirianda, L. A. (2009).** Sistema de cultivo mixto en jaulas y estanques para el pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Biología Acuática*, 26, 47–54.
- Colautti, D. C., Remes Lenicov, M. y Berasain, G. E. (2006).** A standard weight equation to assess the body condition of pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Biocell*, 30(1), 131–135.
- Flores Gómez, V. S. (2010).** *Estimación de edad y crecimiento del pejerrey Odontesthes bonariensis, mediante la fórmula de von Bertalanffy en cuatro zonas del Lago Titicaca.* (Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano).
- Flores Gómez, V. S. (2019).** Variación interanual de los parámetros biológicos del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el lago Titicaca (lado peruano), periodo 2009–2015. *Boletín del Instituto del Mar de Perú*, 33.
- Freyre, L. R. (1976).** La población de pejerrey de la laguna de Lobos. *Limnobiós*, 1(4), 105–128.
- Freyre, L. R., Maroñas, M. E. y Sendra, E. D. (1997).** Demografía del pejerrey *Odontesthes bonariensis bonariensis* de la laguna de Lobos, provincia de Buenos Aires. *Natura Neotropicalis*, 28, 47–59.
- Freyre, L. R., Protogino, L. C. e Iwaskiw, J. M. (1983).** Demografía del pejerrey (*Basilichthys bonariensis bonariensis*) (Pisces Atherinidae) en el Embalse Río Tercero, Córdoba. *Biología Acuática*, 4, 1–26.
- García de Souza, J. R., Solimano, P., Maiztegui, T., Baigún, C. R. M., Claps, M. C. y Colautti, D. C. (2017).** Seasonality effects over the ecological aquaculture of the native zooplanktivorous fish from South America *Odontesthes*

bonariensis. *Aquaculture*, 471, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.001>

García de Souza, J. R., Yorojo Moreno, V., Sathicq, M. B., Gómez, N., Sampietro, S., Donadelli, J. y Colautti, D. C. (2021). The performance of ecological cage aquaculture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* in Pampean lakes under two different hydrological scenarios. *Aquaculture Research*, 52, 4829–4840. <https://doi.org/10.1111/are.15316>

Gómez-Requeni, P., Bedolla-Cázares, F., Montecchia, C., Zorrilla, J., Villian, M., Toledo-Cuevas, E. M. y Canosa, F. (2013). Effects of increasing the dietary lipid levels on the growth performance, body composition and digestive enzyme activities of the teleost pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Aquaculture*, 416–417, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.027>

Gómez-Requeni, P., Kraemer, M. N. y Canosa, F. (2019) The dietary lipid content affects the tissue gene expression of muscle growth biomarkers and the GH/IGF system of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) juveniles. *Fishes*, 4, 37. <https://doi.org/10.3390/fishes4030037>

Grosman, F. (1995). *El pejerrey. Ecología, cultivo, pesca y explotación*. Azul, Argentina: Astyanax.

Grosman, F. (1999). Estrutura da comunidade de peixes da represa “Lago del Fuerte”, Tandil. *Acta Scientiarum*, 21(2), 267–275.

Grosman, F., González, G., Agüeria, D. y Sanzano, P. (2000). Ictiología del “Lago municipal de Colón” (Argentina), como un ejemplo de dinámica ambiental. *AquaTIC* 10.

Grosman, F. y Sanzano, P. (2003). ¿El pejerrey puede causar cambios estructurales en un ecosistema? *Biología Acuática*, 20, 37–44.

Grosman, F. y Sanzano, P. (2006). Efectos perjudiciales de la invasión de peces exóticos

y autóctonos sobre una exitosa pesquería deportiva de pejerrey en Argentina. Actas IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA 2006) (www.civa2006.org pp.554–567).

Grosman, F., Sanzano, P. y Agüeria, D. (2005a). Diagnóstico ictiológico de la laguna La Peregrina, Partido de Gral. Pueyrredón, para su incorporación al circuito productivo. *Biología Acuática*, 22, 169–176.

Grosman, F., Sanzano, P., Agüeria, D. y González, G. (2001a). Gestión del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en una pesquería periurbana de Argentina. *AquaTIC*, 14.

Grosman, F., Sanzano, P., Agüeria, D., González, G y Sergueña, S. (2001c). Ecología reproductiva, edad, crecimiento, condición y alimentación del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en un ambiente del SO de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *AquaTIC*, 12.

Grosman, F., Sanzano, P., González, G y Agüeria, D. (2001b). Diagnóstico ictiológico de la laguna La Ballenera, partido de Gral. Alvarado.

Grosman, F., Sanzano, P y Rudzik, G. (2005b). Diagnóstico limnológico pesquero de 6 lagunas del partido de Puán. Propuesta de pautas de gestión del recurso. *Biología Acuática*, 22, 177–178.

Ito, L. S., Cornejo, A. M., Yamashita, M. y Strüssmann, C. A. (2008). Thermal threshold and histological process of heat-induced sterility in adult pejerrey (*Odontesthes bonariensis*): a comparative analysis of laboratory and wild specimens. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81(6), 775–784.

Ito, L. S., Yamashita, M. y Strüssmann, C. A. (2003). Histological process and dynamics of germ cell degeneration in pejerrey *Odontesthes bonariensis* larvae and juveniles during exposure to warm water. *Journal of Experimental Zoology Part A Comparative Experimental Biology*, 297, 169–179.

- Loubens, G. y Osorio, F. (1988).** Observations sur les poissons de la partie bolivienn du lac Titicaca. III. *Basilichthys bonariensis* (Valenciennes, 1835) (Pisces, Atherinidae). *Revue Hydrobiologie Tropicale*, 21, 153–177.
- Luchini, L. (2020).** *Acuicultura comercial: continental y marina. Lineamientos generales*. Rosario: Guillermina Dapello.
- Luchini, L., Quirós, R. y Avendaño, T. (1984).** Cultivo de pejerrey (*Basilichthys bonariensis*), en estanques. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5, 581–587.
- Mac Donagh, M. E., Casco, M. A. y Claps, M. C. (2009).** Plankton relationships under small water level fluctuations in a subtropical reservoir. *Aquatic Ecology*, 43, 371–381. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10452-008-9197-4>
- Mancini, M. y F. Grosman. (1998).** Aspectos poblacionales del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en el Embalse Río Tercero, Córdoba. *Natura Neotropicalis*, 29, 137–143.
- Mancini, M., Grosman, F., Dyer, B., García, G., Del Ponti, O., Sanzano, P. y Salinas, V. (2016).** *Pejerreyes del sur de América. Aportes al estado de conocimiento con especial referencia a Odontesthes bonariensis*. Río Cuarto: UniRío Editora.
- Mancini, M., Nicola, I., Salinas, V. y Bucco, C. (2009).** Biología del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) de la laguna Los Charos (Córdoba, Argentina). *Revista Peruana de Biología*, 15, 65–71.
- Miranda, L. A., Berasain, G. E., Velasco, C. A. M., Shirojo, Y. y Somoza, G. M. (2006).** Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell*, 30, 157–162.
- Miranda, L. A., Colautti, D. C., Berasain, G. E. y Strüssmann, C. A. (2022).** Variación térmica de la laguna Chascomús. En: Berasain, G. E y Miranda, L. A. (Eds). *Laguna Chascomús. Aportes de la ciencia para su mejor conocimiento* (pp. 55–63). La Plata: Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires.
- Miranda L. A., Shalom, F. y Somoza, G. M. (2007).** Relación entre la temperatura, alimentación y desoves obtenidos en el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). I Reunión Conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01621.x>
- Miranda, L. A., Strüssmann, C. A. y Somoza, G. M. (2009).** Effects of light and temperature conditions on the expression of GnRH and GtH genes and levels of plasma steroids in *Odontesthes bonariensis* females. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35, 101–108. <https://doi.org/10.1007/s10695-008-9232-3>
- Pandian, T. J. y Sheela, S. G. (1995).** Hormonal induction of sex reversal in fish. *Aquaculture*, 138 (1-4), 1–22.
- Pauly, D., Soriano-Bartz, M., Moreau, J. y Jarre, A. (1992).** A new model accounting for seasonal cessation of growth in fishes. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 43, 1151–1156.
- Reartes, J. 1995.** El pejerrey (*Odontesthes bonariensis*): métodos de cría y cultivo masivo. COPESCAL (FAO) Documento Ocasional, 9, 1–35.
- Sciara, A. A., Vigliano, F. A., Somoza, G. M. y Arranz, S. E. (2011).** Muscular hypertrophy and growth-promoting effects in juvenile pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) after oral administration of recombinant homologous growth hormone obtained by a highly efficient refolding process. *Aquaculture Research*, 42, 844–857. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02754.x>
- Silverio, M. J., Grosman, F., Fra, E. A. y Saracho, M. (2004).** Consecuencias ecológicas del florecimiento de una dinofíceas en el Dique Sumampa (Catamarca). *Revista Ciencia y Técnica*, 11, 1–18.

- 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>
- Strüssmann, C. A. 1989.** Basic studies on seed production of pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Doctoral Thesis, Tokyo University of Fisheries, Tokyo, Japan.
- Strüssmann, C. A., Akaba, T., Ijima, K., Yamaguchi, K., Yoshizaki, G. y Takashima, F. (1997).** Spontaneous hybridization in the laboratory and genetic markers for the identification of hybrids between two atherinid species, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835) and *Patagonina hatcheri* (Eigenmann, 1909). *Aquaculture Research*, 28(4), 291–300. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1997.tb01045.x>
- Strüssmann, C. A., Choon, N. B., Takashima, F. y Oshiro T. (1993).** Triploidy induction in an atherinid fish, the pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *The Progressive Fish-Culturist*, 55, 83–89. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1993\)055%3C0083:TIIAAF%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1993)055%3C0083:TIIAAF%3E2.3.CO;2)
- Sverlij, S. B. y Mestre Arceredillo, J. P. (1991).** Crecimiento del pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Ateriniformes) en el embalse La Florida, San Luis, Argentina. *Revista de Hydrobiologia Tropical*, 24, 183–195.
- Toda, K., Tonami N., Yasuda N. y Suzuki S. (1995).** Culture Techniques of Pejerrey. New Fish Development Association, Tokyo, Japan (in Japanese). Available as a tentative translation into Spanish as follows: Toda K., Tonami N., Yasuda N. y Suzuki S. (1998). Cultivo del pejerrey en Japón. Asociacion Argentino Japonesa del pejerrey, Buenos Aires, Argentina.
- Tsuzuki, M. Y., Aikawa, H., Strüssmann, C. A. y Takashima, F. (2000).** Comparative survival and growth of embryos, larvae, and juveniles of pejerrey *Odontesthes bonariensis* and *O. hatcheri* at different salinities. *Journal of Applied Ichthyology*, 16, 126–130. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2000.00227.x>
- Tsuzuki, M. Y., Ogawa, K., Strüssmann, C. A., Maita, M. y Takashima, F. (2001).** Physiological responses during stress and subsequent recovery at different salinities in adult pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Aquaculture*, 200, 349–362. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00573-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00573-1)
- Velasco, C. A., Berasain, G. E. y Ohashi, M. (2008).** Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Biología Acuática*, 24, 55–58.
- Velasco, C., Berasain, G. E. y Padín, D. (2014).** Crecimiento de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) bajo dos diferentes condiciones de cultivo. *Biología Acuática*, 30, 229–239.
- Velasco, C. A. M., Berasain, G. E., Padín, D. A. y Mir, F. C. (2019).** Experiencias de cultivo de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en la Estación Hidrobiológica Chascomús. En: Grosman, F., Sanzano, P. y Bertora, A. (Eds.). *Destino: La Barrancosa. Una invitación a conocer lagunas pampeanas* (pp. 224–235).
- Wicki, G. A. y Gromenida, N. (1998).** Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista AquaTic*, 2.
- Zohar, Y. (2021).** Fish reproductive biology – Reflecting on five decades of fundamental and translational research. *General and Comparative Endocrinology*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113544>