

Tolerancia salina y rendimiento pesquero del pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Actinopterygii; Atherinopsidae) en un lago somero de la Argentina

OMAR D. DEL PONTI^{1,✉} & MIGUEL MANCINI²

¹FCEyN, Universidad Nacional de La Pampa. ²INCIVET-FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto.

RESUMEN. El pejerrey —*Odontesthes bonariensis* (Actinopterygii; Atherinopsidae)— es la especie más importante en las pesquerías de la Argentina por su amplia distribución, gran demanda y aporte de proteína. A pesar de presentar una gran plasticidad ecológica, existen muy pocos antecedentes bibliográficos que describan la tolerancia del pejerrey a la salinidad en condiciones naturales. La construcción de presas para regadío, generación hidroeléctrica y consumo humano, en sinergia con la retracción glaciaria, produce gran inestabilidad en humedales ubicados aguas abajo. En las lagunas encadenadas del Curacó, en la cuenca del Desaguadero (La Pampa, Argentina), los ambientes alcanzan una salinidad elevada e, incluso, se pueden secar totalmente. En esta región, durante el período 2004-2008 hubo un incremento de los flujos de agua que modificaron sus características químicas y favorecieron el desarrollo de pejerrey. En octubre de 2009 dejó de ingresar agua al sistema y, en 2011, muchas lagunas desaparecieron. El objetivo de este trabajo fue analizar la sobrevivencia y el rendimiento pesquero de *O. bonariensis* en un contexto de tolerancia ambiental debido a la disminución gradual de la superficie y el aumento de la concentración de sales de la laguna La Brava (37°55'24" S - 65°55'18" O). La salinidad del agua aumentó progresivamente de 7.05 a 59.3 g/L, y *O. bonariensis* estuvo presente hasta una concentración de 49.9 g/L. La talla de los peces evidenció una población virgen con ejemplares de hasta 482 mm de LEst y 7 años de edad. Se observaron elevadas capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) en número y biomasa, con máximos de 375 peces y 204.6 kg/noche; no obstante, las capturas no exhibieron una correlación lineal fuerte con la concentración salina. La tolerancia salina observada en *O. bonariensis* es superior a la reportada por otros autores y ubica a esta especie de agua dulce entre las más eurihalinas del mundo.

[Palabras clave: pejerrey, tolerancia a la salinidad, lagunas pampeanas, inestabilidad ambiental]

ABSTRACT. Salinity tolerance and fishing performance of *Odontesthes bonariensis* (Actinopterygii; Atherinopsidae) in a shallow lake of Argentina. The silverside (*Odontesthes bonariensis*) is the most important species in Argentine fisheries due to its wide distribution, great demand and supply of fish protein. This species shows a great ecological plasticity; however, there is little research describing its tolerance to salinity in natural conditions. Dam constructions for irrigation, hydroelectric generation and human consumption, in synergy with glacial retraction, cause great instability in certain wetlands located downstream. In Curacó chained lakes, in the Desaguadero basin (La Pampa, Argentina), the environments reach high salinity and can even dry out entirely. During the period 2004-2008, a significant increase in water flows in this region modified its chemical characteristics and favored the development of silverside. In October 2009, water stopped entering into the system and, in 2011, many lakes disappeared. The objective of this work was to analyze the survival and fishing yield of *O. bonariensis* in a context of environmental tolerance due to the gradual surface decrease and the increase of salts concentration in La Brava shallow lake (37°55'24" S - 65°55'18" W). Water salinity increased progressively from 7.05 to 59.3 g/L and *O. bonariensis* was present up to a concentration of 49.9 g/L. Fish size evidenced a virgin population with specimens up to 482 mm of LEst and 7 years of age. High catches per unit of effort (CPUE) in number and biomass were observed, with maximums of 375 fish and 204.6 kg/night, but these did not exhibit a strong linear correlation with saline concentration. The salinity tolerance observed in *O. bonariensis* is higher than that reported by other authors and places this freshwater fish among the most euryhaline in the world.

[Keywords: silverside, salinity tolerance, Pampean shallow lake, environmental instability]

INTRODUCCIÓN

En la provincia de La Pampa (Argentina) existen numerosos lagos someros comunicados entre sí, formando parte de la cuenca del río Desaguadero o Salado. Esta cuenca, considerada la más extensa del país, está formada por ríos cuyas cabeceras se encuentran en los Andes. En particular, los del oasis de la Región de Cuyo, están alterados por la construcción de presas para regadío, generación hidroeléctrica y consumo humano (Morello et al. 2012), lo cual, en sinergia con la retracción glaciaria, produce una explotación excesiva de los cursos de agua (Boninsegna and Delgado 2002; Cobos 2002; Boninsegna 2014).

Los lagos someros de esta región tenían carácter permanente, con agua en cantidad y calidad suficiente para el uso pecuario (Dillon 2016) y el desarrollo de pesquerías artesanales-comerciales (Marini and López 1963; Kuz 2009). Sin embargo, en la actualidad reciben agua sólo de forma esporádica durante los años de mayores registros níveos en la cordillera de Los Andes, cuando los embalses cuyanos deben abrir las compuertas para mantener su nivel óptimo (Del Ponti et al. 2015a). En este sentido, la escasa profundidad de estos lagos los hace muy sensibles tanto a las variaciones climáticas (Jeppesen et al. 2007; Kopprio et al. 2010) como a las alteraciones ambientales efectuadas por el ser humano (Willians 2002; Bucher and Etchegoin 2006; Zavalov 2003), con marcadas variaciones temporales del volumen hídrico.

En comparación con otras provincias de la Argentina, La Pampa posee una baja riqueza de peces (Del Ponti et al. 2015b). Entre los años 2004-2008, la combinación de eventos climatológicos y antrópicos (Morello et al. 2012) favorables permitió la circulación de caudales de relativa importancia en los ríos. Este escenario posibilitó el desarrollo de una reducida comunidad de peces en los lagos someros encadenados del departamento Curacó y, en especial, de la población del pejerrey argentino *Odontesthes bonariensis* que habitaba la laguna La Brava, una de las primeras que alimenta el río Salado o Chadileuvú. Sin embargo, a partir de octubre de 2009 cesaron los ingresos de agua, lo que produjo un proceso intenso de desecamiento de los lagos someros del sistema encadenado, en general, y de la laguna La Brava, en particular.

El pejerrey tolera una amplia gama de factores ambientales y puede sobrevivir tanto en ambientes de agua dulce como en aquellos con una salinidad superior a la del mar (Tsuzuki et al. 2000; López et al. 2001; Bucher and Etchegoin 2006; Kopprio et al. 2010; Berasain et al. 2015; Del Ponti 2015). El desarrollo de la piscicultura y numerosas siembras permitieron que se encuentre distribuido ampliamente en el territorio argentino (Bonetto and Castello 1985; Berasain et al. 2010). Además, esta especie es la de mayor demanda e importancia pesquera recreativa y deportiva en la Argentina, por lo que también es otro factor que ha favorecido su distribución en una gran variedad de ambientes de características limnológicas contrastantes de la Argentina y de otros países como Chile, Uruguay, Brasil, Perú y Bolivia (Baigún and Anderson 1994; López et al. 2001; Mancini and Grosman 2008). Conexo a ello, se produce un movimiento socio-económico de relevancia y un importante aporte de proteína para consumo humano (Mancini et al. 2016a).

La variación ambiental descrita en la laguna La Brava desencadenó modificaciones físicas y químicas extremas que sirvieron para evaluar, a nivel de macrocosmos, como impacta la calidad del agua en la biología y la sobrevivencia de *O. bonariensis*, aspectos que no han sido abordados a una escala temporal de 4 años, a excepción de las lagunas Mar Chiquita (provincia de Córdoba) y Chasicó (provincia de Buenos Aires) (Bucher and Etchegoin 2006; Kopprio et al. 2010; Berasain et al. 2015).

El objetivo de este trabajo fue analizar la sobrevivencia y el rendimiento pesquero de *O. bonariensis*, en un contexto de tolerancia ambiental de aumento de salinidad debido a la disminución gradual de la superficie de la laguna La Brava.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna La Brava (37°55'24" S - 65°55'18" O), ubicada en la unidad geomorfológica denominada Faja Aluvial del Sistema Salado-Atuel-Chadileuvú-Curacó (Calmels 1996), pertenece a la cuenca del río Desaguadero (Salado), una de las mayores íntegramente desarrolladas dentro del territorio argentino, con una superficie aproximada al cuarto de

millón de km² (Comerci and Altolaguirre 2009). Esta cuenca está integrada por los ríos Vinchina, Bermejo, Jáchal, San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel (que nacen en la cordillera de los Andes en las provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza) y el colector Desaguadero o Salado. En la provincia de La Pampa, los ríos Atuel y Salado se unen para formar el río Chadileuvú, que alimenta un sistema conectado de lagos poco profundos en el departamento Curacó. Una vez completo el sistema, las aguas naturalmente se encauzan en el río Curacó (Figura 1), que fluye hasta el río Colorado y desemboca en el océano Atlántico. La ictiofauna existente posee baja riqueza de especies (Siegenthaler 2004), y su presencia y abundancia están condicionadas a la ocurrencia de flujos de agua. El clima de la región es semiárido de estepa, con precipitaciones estivales de 380 mm de media anual, e inviernos secos. La temperatura media anual es 15.5 °C, con registros máximos y mínimos absolutos de 42.1 y -12.4 °C, respectivamente (Cano et al. 1980).

Muestreos y manejo de datos

La determinación de las coordenadas geográficas se efectuó con un GPS marca Garmin Etrex y el programa MapSource 3.02 de Garmin Corp. Con este instrumento,

en conjunto con imágenes satelitales y el programa ArcView, se estimó el largo máximo, el ancho máximo, el perímetro y la superficie que tuvo el ambiente en el ciclo de estudio.

Se realizaron 10 muestreos durante el período comprendido entre mayo de 2008 y marzo de 2011. En cada uno de ellos se tomaron muestras de agua superficial para determinar la salinidad (g/L) por medio de un medidor Thermo Scientific Orion 3 Star Plus. Se analizó la relación existente entre los cambios de superficie del lago y la salinidad del agua.

Para la captura de *O. bonariensis* se emplearon: a) una red de arrastre litoral de 10 m de longitud, con luz de malla de 12 y 5 mm en las alas y en el copo, respectivamente, que fue accionada para barrer áreas de 0.10 ha (debido a las bajas capturas, no fue considerada en ulteriores análisis), y b) dos trenes de enmalle flotantes de 104 m lineales cada uno, compuestos por 7 paños de redes de multifilamento, con una altura media de 2 m, que difieren en sus longitudes (4, 5, 8, 15, 22, 25 y 25 m) y en sus tamaños de malla, con un distancia entre nudos (bar) de 15, 19, 25, 30, 35, 40 y 52.5 mm. Los trenes fueron calados al atardecer, en sentido longitudinal y transversal respecto a la línea de costa, por

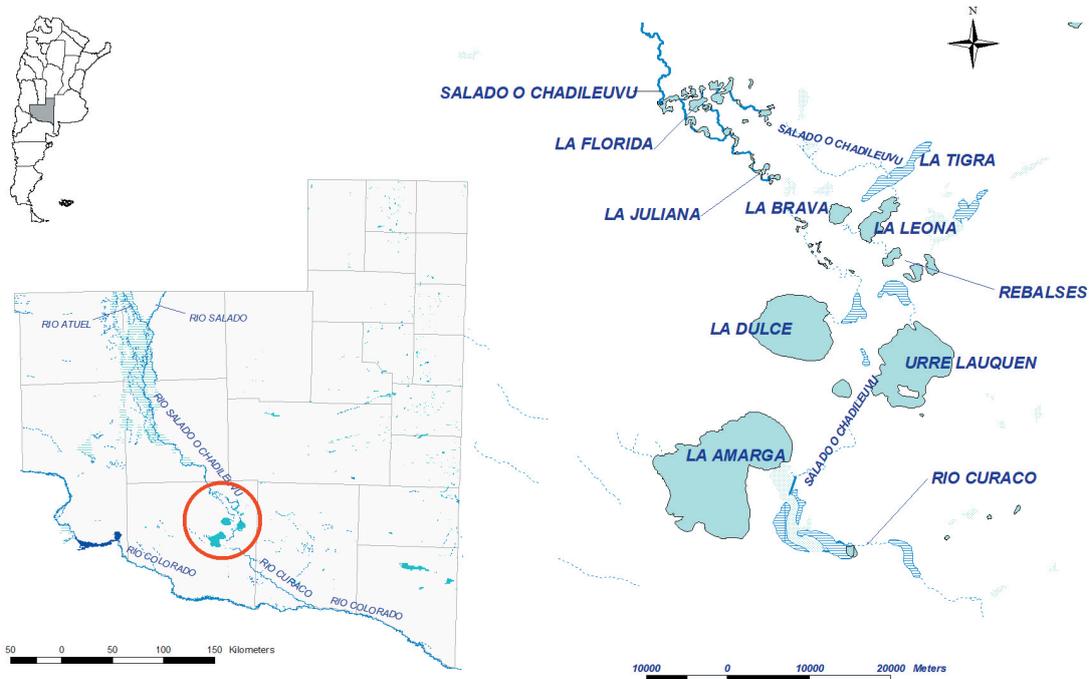


Figura 1. Ubicación geográfica de la laguna La Brava en el sistema encadenado del Curacó (La Pampa, Argentina).
Figure 1. Geographic location of La Brava shallow lake in the Curacó connected system (La Pampa, Argentina).

medio de anclaje y boyas, abarcando toda la columna de agua, con un tiempo de tendido que osciló entre las 12 y 14 horas.

Las capturas, corregidas por la selectividad de las redes de enmalle (Freyre and Maroñas 1995), fueron representadas en gráficos de distribución de frecuencias, discriminando por tamaño de malla y número de campañas en que el arte capturó al menos un ejemplar. Se utilizó el *software* Pasgear (Kolding and Skalevik 2009). Los ejemplares colectados fueron pesados con precisión de 1 g, medidos con precisión de 1 mm y clasificados por intervalos de 10 mm de longitud estándar (LEst). Por su parte, se extrajeron escamas de 416 ejemplares para determinar la edad (Ricker 1971; Sverlij and Mestre Arceredillo 1991; Sendra and Colautti 1997). Durante todo el periodo de estudio se analizó la captura por unidad de esfuerzo del tren enmalle de pejerrey, que fue referenciada a número (CPUE_n) y biomasa (CPUE_p), con un tiempo de referencia de 12 horas o una noche de tendido de redes. Se efectuó un análisis de regresión (lineal y no lineal) entre las CPUE y la salinidad a fin de establecer si existió relación funcional entre las variables.

Para evaluar la calidad del recurso pejerrey y calificar su pesquería, se calculó la densidad proporcional de peces que presentaron calidad deportiva o comercial, corrientemente denominada densidad proporcional de stock (PSD), a partir de la fórmula en Baigún and Anderson (1994):

$$\text{PSD} = \text{N}^{\circ} \text{ peces } \geq 245 \text{ mm} / \text{N}^{\circ} \text{ peces } \geq 120 \text{ mm}$$

RESULTADOS

La superficie de la laguna y la salinidad del agua variaron de acuerdo a la abundancia de ingresos desde el río. De junio de 2008 a septiembre de 2009 se registraron los valores más altos de superficie y más bajos de salinidad. Sin embargo, a causa del uso para riego aguas arriba, a partir de octubre de 2009 no se registraron ingresos fluviales a la laguna, la superficie se redujo progresivamente de 524 a 50 ha (Figura 2) y la salinidad aumentó más de ocho veces con una concentración máxima de 60 g/L. Como se observa en la Figura 3, estas variables mostraron una fuerte relación lineal, $\text{salinidad} = 123.46 + 0.2268 * \text{Superficie}$ ($R^2 = 0.911$; $P < 0.0001$).

La variación en la concentración salina tuvo impacto negativo en la población de *O. bonariensis*, especie que habitó hasta noviembre de 2010, cuando se registró 49.9 g/L. En enero de 2011, momento en que la laguna tuvo una concentración salina de 59.3 g/L, esta especie ya no estuvo presente.

En relación con el tren de enmalle, la malla de 30 mm fue la de mayor registro de captura, concentrando poco más del 25% del total; le siguieron las de 35 y 40 mm con el 22 y 21%, respectivamente, la de 25 con un 15%, y la de 21 mm, que con un 9% sólo fue superior a las capturas efectuadas con las mallas de 15 y 52 mm. A su vez, las mallas de 21, 25, 30, 35 y 40 mm registraron capturas en todas las oportunidades en que se caló el tren; en cambio, las de 15 y 52 mm sólo capturaron en 8 y 5 ocasiones, respectivamente. La Figura 4 resume la distribución de frecuencias del total de capturas efectuadas a lo largo del período de estudio, discriminado por tamaño de malla, el número de campañas en que el arte capturó al menos un ejemplar, la media y desvío estándar de las longitudes correspondientes a cada una de las mallas y la línea de tendencia.

El rango de las tallas de los peces capturados fue de 127 a 482 mm de longitud estándar y 23 a 1695 g de peso, identificándose ejemplares con 0 a 7 marcas de crecimiento. Los individuos que tuvieron 3 marcas alcanzaron el mayor porcentaje (48.32%), y los que presentaron 7 marcas, el menor (0.96%) (Tabla 1).

La CPUE_p fue máxima en octubre de 2009 (204.59 kg/noche) y siempre mantuvo valores elevados de peso; sólo fue menor a 50 kg/noche en los muestreos efectuados en septiembre y noviembre de 2010, cuando el ambiente tenía una salinidad de 38.0 y 49.9 g/L, respectivamente (Figura 5). Luego, no se registraron capturas por el aumento de la salinidad descripto con anterioridad.

De igual forma, la CPUE_n fue máxima en octubre de 2009 (375 individuos/noche) y mínima en noviembre de 2010 (67 individuos/noche) (Figura 5). La integración de ambas CPUE indicó que los individuos capturados fueron de tamaño comparativamente grande. Se encontró un grado muy alto de dependencia lineal entre la CPUE_n y CPUE_p ($R^2 = 0.952$, $P < 0.0001$) (Figura 6), pero no se encontró correlación significativa entre la CPUE_n y CPUE_p con la concentración salina ($R_s = -0.52$,

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE *O. BONARIENSIS*

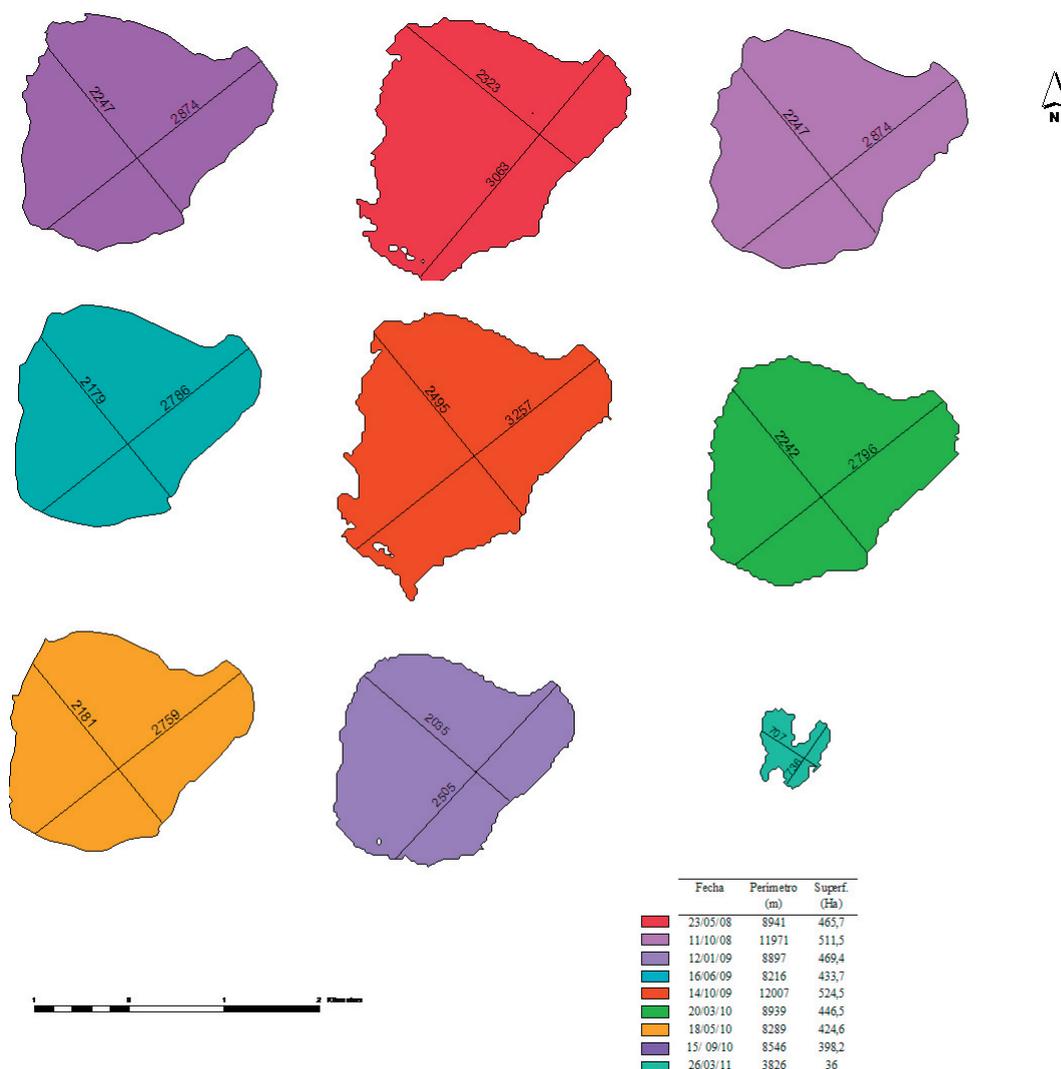


Figura 2. Digitalización de la laguna La Brava y estimación del perímetro, superficie, longitud máxima y ancho máximo efectuada en cada fecha de captura de la imagen.

Figure 2. Digitization of La Brava shallow lake and estimation of the perimeter, surface, maximum length and maximum width made on each date of image capture.

Tabla 1. Marcas de crecimiento determinadas en el total de ejemplares analizados.

Table 1. Growth marks determined in the total amount of analysed specimens.

Marcas determinadas	Nº de ejemplares	Frecuencia relativa
0	43	10.34
1	33	7.93
2	56	13.46
3	201	48.32
4	39	9.38
5	27	6.49
6	13	3.13
7	4	0.96

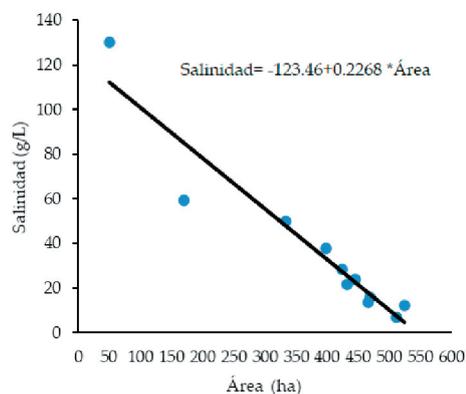


Figura 3. Relación superficie-salinidad en la laguna La Brava.

Figure 3. Surface-salinity relation in La Brava shallow lake.

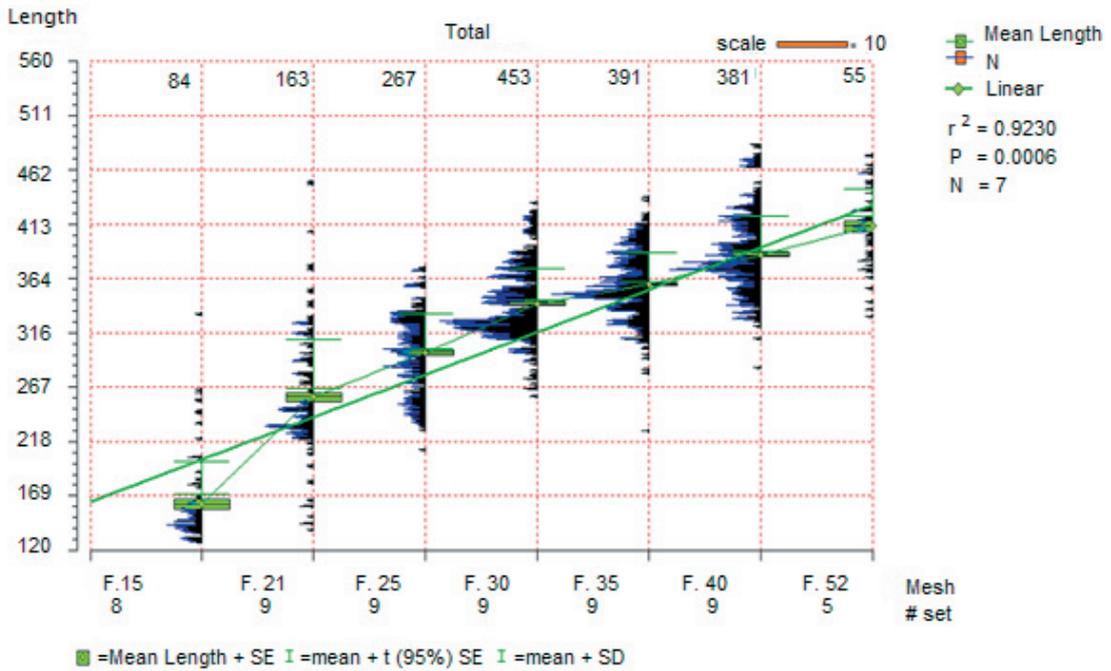


Figura 4. Distribución de frecuencias del total de capturas de *O. bonariensis* discriminado por tamaño de malla.
 Figure 4. Frequency distribution of the total amount of captures of *O. bonariensis* discriminated by mesh size.

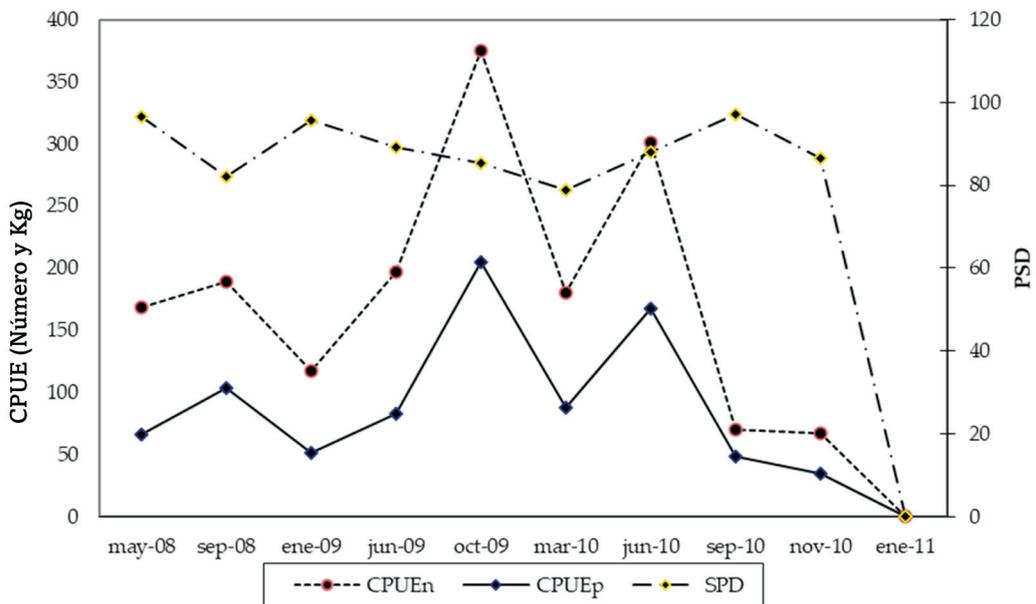


Figura 5. CPUE (12 horas) en número y peso de los dos trenes de enmalle flotantes y densidad proporcional de stock (PSD) obtenidos en todos los muestreos.

Figure 5. CPUE (12 hours) in number and weight of the two floating gillnets and stock proportional density (SPD) obtained in all the samplings.

P=0.15 y $R_s=-0.57$, $P=0.11$, respectivamente) como así tampoco con la superficie de la laguna ($R_s=0.52$, $P=0.14$ y $R_s=0.60$, $P=0.09$, respectivamente). El mejor coeficiente de determinación encontrado para la variación

del CPUEn en función a la salinidad fue $R^2=0.32$, y correspondió a la ecuación potencial negativa $CPUE_n=823.24 * \text{salinidad}^{-0.546}$ (Figura 7). Por otro lado, el mejor coeficiente de determinación para CPUEp versus salinidad

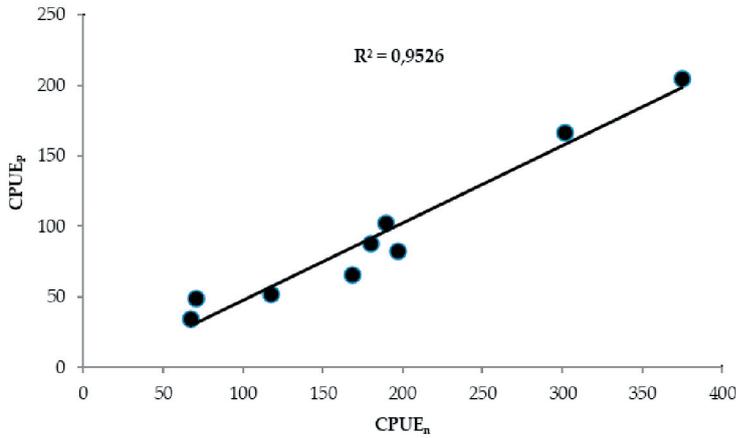


Figura 6. Relación entre la CPUE_n y CPUE_p de *O. bonariensis* durante el período de estudio en la laguna La Brava.

Figure 6. Relationship between CPUE_n and CPUE_p of *O. bonariensis* during the study period in La Brava shallow lake.

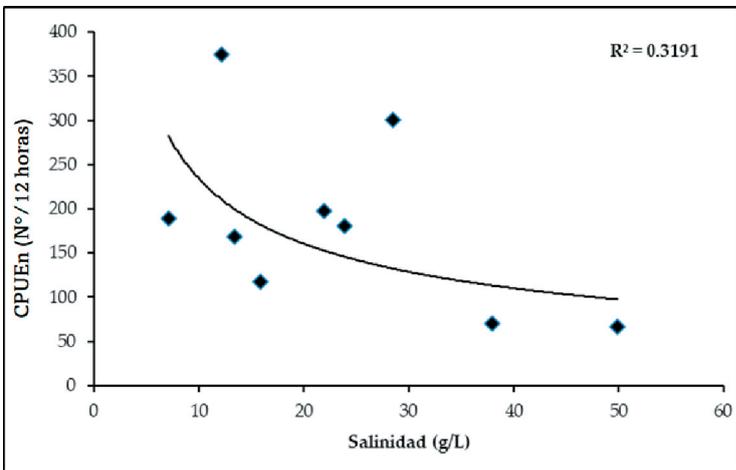


Figura 7. Relación entre CPUE_n y (N°/12 horas) y la salinidad del agua (g/L) en la laguna La Brava.

Figure 7. Relationship between CPUE_n (N°/12 hours) and water salinity (g/L) in La Brava shallow lake.

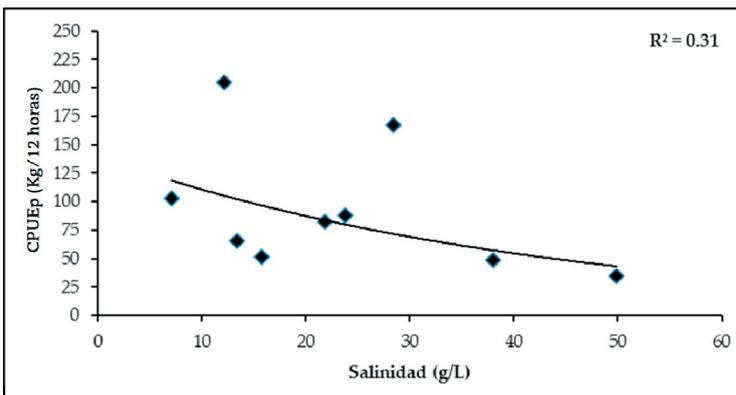


Figura 8. Relación entre CPUE_p (kg/12 horas) y salinidad del agua (g/L) en la laguna La Brava.

Figure 8. Relationship between CPUE_p (kg/12 hours) and water salinity (g/L) in La Brava shallow lake.

fue $R^2=0.31$, y su ecuación de ajuste fue exponencial negativa: $CPUE_p = 140.05e^{0.024 \text{ salinidad}}$ (Figura 8).

Los valores de PSD obtenidos para cada una de las campañas efectuadas se muestran en la Figura 5. En todos los casos, este índice presentó un valor muy elevado, con un promedio de $88.79 (\pm 6.48)$.

DISCUSIÓN

El agua en calidad y cantidad suficiente es requerida mundialmente tanto para satisfacer las actividades del hombre como para conservar la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, proveedores de servicios esenciales para la humanidad (MEA 2005; Richter and Thomas, 2007; Puig and Salinas

2020). Sin embargo, la demanda creciente de agua para cultivos industriales, para la generación de energía hidroeléctrica y para el consumo humano, en un marco de cambio climático, pueden alterar las redes hidrográficas, con impacto negativo sobre el ambiente; sobre todo, en las zonas bajas de las cuencas sujetas a manejos del ser humano (Aguilera 2012; Puig and Salinas 2020).

El uso consuntivo intensivo que se hace del agua en la región de Cuyo (Argentina), que permite construir numerosas e importantes obras hidráulicas sobre los ríos de la cuenca del Desaguadero (Cazenave 2015; González and Pratts 2016), coincide con el proceso de pauperización ambiental aguas abajo de los emprendimientos, con un impacto directo en la biota en general y en la fauna en particular (Rusconi 1961; Roig 1991; Villanueva and Roig 1995).

En la actualidad, cuando los ríos que componen la cuenca media del Desaguadero conducen agua como consecuencia de aportes níveos extraordinarios y seguidamente apertura de compuertas de las represas, los lagos del Curacó cobran vida durante el tiempo que dure el fenómeno. La muy importante abundancia de escorrentías ocurrida entre 2004 y 2008, conexas a una baja salinidad del agua, no sólo posibilitó el llenado del complejo lacustre del departamento Curacó. Además, produjo modificaciones importantes tanto en la calidad del agua como en el desarrollo de la población de *O. bonariensis*, que habitaba la laguna La Brava. Lamentablemente, el suministro de agua a los lagos someros del Curacó se interrumpió a partir de octubre de 2009, modificando la morfología y salinidad de la laguna, que contuvo una población de *O. bonariensis* incluso cuando su superficie se redujo casi un 90%, hasta finalmente secarse en el año 2011 como todos los lagos someros del Curacó. Esta brusca reducción del ingreso de agua a los lagos coincide con un período de poca generación de caudales a partir del derretimiento de nieves (Boninsegna and Villalba 2006; Boninsegna and Llop 2015; Saavedra et al. 2018) y con el aumento de almacenamiento de aguas en embalses construidos sobre el río San Juan (González and Pratts 2016).

En este escenario, el sostenido aumento de la salinidad fue el principal factor que limitó la presencia de *O. bonariensis*, especie presente hasta noviembre de 2010 cuando el agua registró casi 50 g/L, una concentración muy superior a la del mar y extremadamente

elevada al cotejarla con registros de 35 lagunas con presencia de peces, incluido el pejerrey, ubicadas en el centro de la Argentina (Mancini et al. 2016b). En dicho momento se observó reflejo de fuga negativo en los peces, y algunos ejemplares se podían capturar con la mano. Antecedentes de presencia de *O. bonariensis* en tenores salinos semejantes sólo fueron descriptos para la laguna de Mar Chiquita en la provincia de Córdoba (Bucher and Etchegoin 2006), por lo que ambos constituyen los valores de salinidad más altos encontrados en el medio natural para esta especie en una amplia región de Sudamérica. La sobrevida próxima a 50 g/L de sales observada es muy superior a la reportada por otros autores (Tsuzuki et al. 2000; Gómez and Ferriz 2001; Gómez et al. 2007). Esta situación confirma la extraordinaria característica eurihalina de esta especie, que la perfila a nivel mundial como uno de los peces de agua dulce más resistentes a la salinidad (Bucher and Etchegoin 2006).

Ambientes continentales con salinidades superiores a 35 g/L se encuentran en varias partes del mundo, pero muy pocas especies de peces teleósteos pueden tolerar valores próximos a 50 g/L, lo cual representa complejos procesos de osmorregulación (Gonzalez 2012). Por su parte, dentro del rango de tolerancia de los peces, la mejor tasa de crecimiento se observaría en condiciones de salinidad intermedia (Boeuf and Payan 2001). Debe considerarse que *O. bonariensis* es originario de una región de lagunas de llanura relativamente poco profundas (Quirós and Drago 1999), que se caracteriza por presentar una sucesión consecutiva de períodos de inundaciones y sequías (Olivier 1959), lo cual provoca cambios importantes en las características del ecosistema en general, y de la salinidad en particular. En este sentido, Berasain et al. (2015) observaron que la salinidad de la laguna Chasicó (Argentina) varió de 18.9 a 41.5 g/L durante el período 2004-2013, debido a una reducción importante de las precipitaciones. Estos autores determinaron que durante ese período, tanto la CPUE_n como la CPUE_p de los peces capturados tuvieron una clara y significativa disminución en función de los incrementos de salinidad, siguiendo un modelo no lineal negativo (exponencial negativo en el primer caso y potencial negativo en el segundo). Sin embargo, ese patrón no se registró en la laguna La Brava, donde no se encontró relación significativa entre las variables (CPUE_n y CPUE_p versus salinidad, ver comentarios en resultados). Al respecto

debe decirse que la laguna Chasicó ha sido considerada una de las pesquerías históricas de mayor calidad del país, con extracciones de biomasa de pejerrey del orden de 18 a 24 kg por día y pescador (Mancini and Grosman 2008), por lo que a la mortalidad natural se le suma la mortalidad por pesca. En cambio, la laguna La Brava nunca fue explotada, estando sujeta sólo a la mortalidad natural. Este aspecto, unido a una mayor abundancia relativa de peces mayores a 3+ años de vida, puede ser la principal causa que explique la diferencia encontrada entre ambos ambientes al relacionar las capturas y la salinidad.

El PSD estimado fue llamativo e invariablemente alto (Baigún 2005) durante todo el período de estudio y con pocas variaciones entre muestreos, lo que reflejó la muy buena calidad pesquera de los ejemplares. El resultado de este índice, unido a las CPUE (en número y peso) y a la distribución de tallas obtenidas, permite inferir que se tuvo bajo estudio una población virgen con una mayor abundancia de peces viejos (Hilborn and Walters 1992) y un bajo reclutamiento

(Hilborn 1979; Csirke 1993), pero con elevada tolerancia a la salinidad.

Las condiciones ambientales extremas causadas por el elevado tenor salino del agua también podrían explicar, al menos en parte, la mayor abundancia de peces grandes que mostró la distribución de tallas. En tal sentido, se determinó que ejemplares juveniles de *O. bonariensis* de 60 a 90 días de edad presentaron una CL50 a los 32.8 g/L (Gómez and Ferriz 2001). También se determinó que si bien la sobrevivencia de embriones incubados en el rango de 0 a 20 g/L no presenta diferencias significativas, a una salinidad de 30 g/L todos los embriones mueren (Noguez Piedras et al. 2009). Por ello, es de prever que una concentración salina elevada podría comprometer la supervivencia de huevos y de peces pequeños (Tsuzuki et al. 2000), tal como se ha descrito para otras especies (Sardella et al. 2004) o quizás el efecto osmótico podría incluso impedir la fecundación (Berasain et al. 2015). De hecho, cuando la salinidad supero los 28 g/L (abril de 2010), no se registraron capturas de peces con tallas inferiores a 75 mm de LEst con redes de arrastre. De igual modo, durante los últimos muestreos tampoco

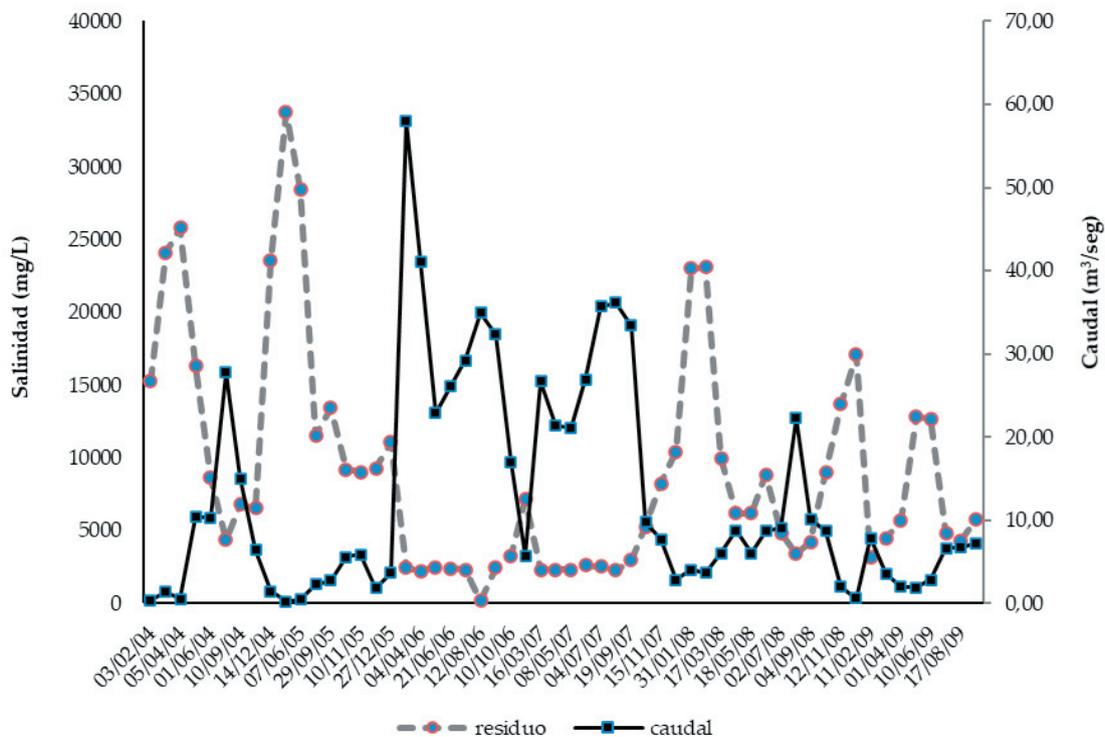


Figura 9. Variación del caudal y salinidad durante el período febrero 2004 - agosto 2009, tomado sobre el río Salado en la estación de Aforos de la Reforma, La Pampa.

Figure 9. Flow and salinity variation in the period February 2004 - August 2009, sampled over the Salado river in La Reforma's gauging station, La Pampa.

se capturaron peces de talla inferior a 160 mm de LEst con redes de enmalle.

El reclutamiento tan importante que presentaron los individuos de grandes tallas con edades iguales o mayores a tres años puede explicarse en función de los aspectos hidrológicos, tanto de cantidad como de calidad de agua registrados en el sistema fluvial en momentos previos al desarrollo del estudio y a la falta de explotación pesquera.

El análisis de la variación del caudal y salinidad efectuada con los datos existentes desde febrero de 2004 a agosto de 2009 (Figura 9), muestra que entre diciembre de 2005 y septiembre de 2007 se registró un caudal muy importante que se mantuvo por encima de los 20 m³/s, con un pico de 58 m³/s en marzo de 2006 (Evarsa 2012). Esto fue acompañado por concentraciones salinas bajas, aunque siempre definido en términos relativos, con promedio de 2.6 g/L. Es lógico suponer que estos caudales excepcionales no sólo provocaron aumento del área de las lagunas, sino también la conformación de una importante planicie de inundación, originando un apreciable incremento de hábitats apropiados para el desove y la cría de peces (Poff et al. 1997; Poff and Zimmerman 2010; Poff et al. 2017). Esto, en sinergia con la relativamente baja concentración salina, posibilitó un reclutamiento excepcional del pejerrey, lo cual se reflejó en las capturas registradas en este estudio. Se describieron fenómenos semejantes para distintos ambientes de la Región Pampeana, en los que el rendimiento pesquero de *O. bonariensis* presentó una correlación positiva con las precipitaciones, pero desfasada en dos o tres años (Baigún and Delfino 2003), por lo que se entiende que las precipitaciones regularían en gran medida la producción pesquera de los ambientes pampeanos. De igual forma, en el lago Titicaca (Perú y Bolivia), se observó un aumento de las capturas de pejerrey tres años después de producirse crecidas importantes, lo cual estaría asociado a la mayor disponibilidad de alimento y refugio

que brinda el lago (Chura-Cruz et al. 2013). Por su parte, y en un contexto de variación climática, la disminución del volumen de agua conlleva también la posibilidad de un incremento paulatino de la temperatura por encima del rango fisiológico de la especie, lo que podría afectar su proceso reproductivo normal (Mancini et al. 2016a).

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra las marcadas variaciones del volumen de agua y de la salinidad que poseen los ambientes someros de la región estudiada. El manejo antrópico de la cuenca, sumado al cambio climático global, ejerce una influencia negativa sobre el complejo de lagunas encadenadas del departamento Curacó, con un aumento excepcional de la salinidad del agua (muy superior a la del mar). Incluso, puede producir la desaparición temporal de dichos ambientes. Sólo la apertura de compuertas en la zona de oasis y el retorno de los ríos a sus cauces secos podrían obrar en favor del restablecimiento de los humedales y sus funciones ecológicas.

Cuando las condiciones ambientales son favorables (i.e., ingreso de agua a la laguna suficiente en cantidad y calidad), la población de *O. bonariensis* exhibe elevadas capturas por unidad de esfuerzo pesquero, especialmente en peso (CPUEp), al igual que la elevada densidad proporcional de stock (PSD). Esto significa que la mayoría de los peces son de muy buena talla para la explotación pesquera.

Por otro lado, la tolerancia ambiental hasta una concentración de sales próxima a 50 g/L posiciona a *O. bonariensis* como un teleósteo de agua dulce marcadamente eurihalino y uno de los más resistentes a la salinidad a nivel mundial.

AGRADECIMIENTOS. Al propietario del campo donde se encuentra la laguna La Brava Señor Bernardo CUETO † y a la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de La

REFERENCIAS

- Aguilera, G., and M. Pouilly 2012. Caudal ecológico: definiciones, metodologías, aplicación en la zona Andina. Acta Zoológica Lilloana 56(1-2):15-30.
- Baigún, C. R. 2005. Manejo de recursos Pesqueros continentales: uso de una caja de herramientas. Biología Acuática 22:29-45.
- Baigún, C., and R. Anderson. 1994. Structural indices for stock assessment of and management recommendations for pejerrey *Odontesthes bonariensis* in Argentina. North American J Fisheries Management 13:600-608. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1993\)013<0600:SIFSAO>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1993)013<0600:SIFSAO>2.3.CO;2).

- Baigún, C., and R. Delfino. 2003. Sobre ferrocarriles, lagunas y lluvias: características de las pesquerías comerciales de pejerrey en la cuenca del río Salado (provincia de Buenos Aires). *Biología Acuática* 20:12-18.
- Berasain, G., C. A. Velasco, and M. Chiclana. 2010. Historia de la piscicultura del pejerrey en Chascomús. Probiota. FCNyM, UNLP. Serie Documentos 14. La Plata, Argentina.
- Berasain, G. E., D. C. Colautti, M. R. Lenicov, F. Argemi, V. Y. Bohn, and L. A. Miranda. 2015. Impact of water salinity on *Odontesthes bonariensis* (Actinopterygii, Atherinopsidae) fisheries in Chasicó Lake (Argentina). *Hydrobiologia* 752: 167-174. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1980-8>.
- Boeuf, G., and P. Payan. 2001. How should salinity influence fish growth? *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 130:411-423. [https://doi.org/10.1016/S1532-0456\(01\)00268-X](https://doi.org/10.1016/S1532-0456(01)00268-X).
- Bonetto, A., and H. Castello. 1985. Pesca y piscicultura en aguas continentales de América Latina. OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington.
- Boninsegna, J. A. 2014. Impacto del cambio climático en los oasis del oeste argentino. *Ciencia e Investigación* 64(1): 45-58.
- Boninsegna, J., and S. Delgado. 2002. Variaciones en el caudal del Río Atuel desde 1575 hasta el presente reconstruidas con series de anillos de árboles y sus relaciones con la oscilación del sur. Pp. 31-34 en D. Trombottto and R. Villalba (eds.). IANIGLA, 30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales. Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales. Mendoza, Argentina.
- Boninsegna, J., and A. Llop. 2015. Impactos y vulnerabilidad al cambio climático de los principales ríos de Mendoza y San Juan a partir de la evolución de los glaciares cordilleranos: la economía del cambio climático en la Argentina. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 161. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago, Chile.
- Boninsegna, J., and R. Villalba. 2006. Los condicionantes geográficos y climáticos. Documento marco sobre la oferta hídrica en los oasis de riego de Mendoza y San Juan. Primer informe a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Argentina.
- Bucher, E. H., and M. Etchegoin. 2006. El pejerrey como recurso. Pp. 201-217 en E. H. Bucher (ed.). Bañados del río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina). Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, Argentina.
- Calmels, A. 1996. Bosquejo geomorfológico de la provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Cano, E., B. Fernández, M. A. Montes, C. Peña Zubiarte, D. Maldonado Pinedo, H. Martínez, and R. Hevia. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa: Vegetación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Provincia de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam) (eds.). Buenos Aires, Argentina.
- Cazenave, H. W. 2015. La cuenca del Desaguadero: Un caso de desertificación por acción antrópica. *InterEspaço* 2: 225-236. <https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v1n2p225-236>.
- Chura-Cruz, R., L. Cubillos, J. Tam, M. Segura, and C. Villanueva. 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* 12:19-28. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.434>.
- Cobos, D. 2002. Fluctuaciones glaciares en la cuenca superior del río Atuel. Pp. 171-174 en Zeta ed. Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), 30 Años de Investigación Básica y Aplicada en Ciencias Ambientales. Mendoza, Mendoza, Argentina.
- Comerci, M. E., and L. Altolaguirre. 2009. Caracterización geográfica. Pp. 9-15 en Puelches, una Historia que fluye junto al Salado. Tarquini, Laguarda y Kuz.; EdUNLPam. La Pampa, Argentina.
- Csirke, J. 1993. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Documento Técnico de Pesca N° 192. FAO, Roma, Italia.
- Del Ponti, O. 2015. Limnología y estructura ictiofaunística de la laguna La Brava (La Pampa), con especial referencia en la biología de *Odontesthes bonariensis*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. Pp. 189.
- Del Ponti, O. D., G. C. Cabrera, A. M. Vignatti, and S. A. Echaniz. 2015a. Dynamics of the Limnological Parameters and Zooplankton of La Brava, a Shallow Lake of the Atuel-Salado Chadileuvú-Curacó Rivers System (La Pampa, Argentina). *Applied Ecology and Environmental Sciences* 3(6):193-199.
- Del Ponti, O. D., D. O. Nadalin, L. Fernández, and H. L. López. 2015b. Lista de peces de la provincia de La Pampa. Probiota, FCNyM, UNLP, La Plata, Argentina, Serie Técnica y Didáctica 33:1-12.
- Dillon, B. 2016. La población rural en la provincia de La Pampa. Vestigios del pasado, singularidades presentes y alertas para el futuro de los pueblos rurales. 1ª edición. Editorial de Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam.). Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- Evaluación de Recursos S. A. (EVARSA). 2012. URL: evarsa.com.ar.
- Freyre, L., and M. Maroñas. 1995. Estimación de la selectividad de redes de espera, para el pejerrey bonaerense, según las principales características de construcción del arte. *Gayana Oceanol* 3(2):41-52.
- Gómez, S., and R. Ferriz. 2001. Algunos aspectos de la ecofisiología del pejerrey. Pp. 46-52 en F. Grosman (ed.). Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey, Editorial Astyanax, Azul, Buenos Aires, Argentina.
- Gómez, S., R. Menni, J. González Naya, and L. Ramírez. 2007. The physical-chemical habitat of the Buenos Aires pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atherinopsidae), with a proposal of a water quality index. *Environmental Biology of Fishes* 78:161-171. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9086-4>.

- Gonzales, R. 2012. The Physiology of Hyper-Salinity Tolerance in Teleost Fish: A Review. *Journal of Comparative Physiology B* 182:321-329. <http://doi.org/10.1007/s00360-011-0624-9>.
- González, R. V., and P. B. Pratts. 2016. Usos del río Desaguadero - Salado en la alta cuenca y sus consecuencias en La Pampa. Tercer encuentro de Investigadores en formación en recursos hídricos, Buenos Aires.
- Hilborn, R. 1979. Comparison of fisheries control systems that utilize catch and effort data. *J Fish Res Bd Canada* 36: 1477-1489. <https://doi.org/10.1139/f79-215>.
- Hilborn, R., and C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty. Routledge, Chapman y Hall, New York, USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3598-0>.
- Jeppesen, E., M. Søndergaard, M. Meerhoff, T. L. Lauridsen, and J. P. Jensen. 2007. Shallow lake restoration by nutrient loading reduction- some recent findings and challenges ahead. *Hydrobiologia* 584:239-252. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0596-7>.
- Kolding, J., and A. Skalevik. 2009. Introduction and Manual to Pasgear 2, version 2.3. University of Bergen Department of Fisheries and Marine Biology High Technology Centre N-5020, Bergen, Norway.
- Kopprio, G. A., R. H. Freije, C. A. Strüssmann, G. Kattner, M. S. Hoffmeyer, C. A. Popovich, and R. J. Lara. 2010. Vulnerability of pejerrey *Odontesthes bonariensis* populations to climate change in Pampean lakes of Argentina. *Journal of Fish Biology* 77:1856-1866. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02750.x>.
- Kuz, C. 2009. Pescadores en el desierto. Pp. 95-101 *en* C. Salomón Tarquini, P. Lagarda and C. Kuz (eds.). Puelches, una historia que fluye junto al Salado. Editorial de Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam.). Santa Rosa, La Pampa, Argentina.
- López, H. L., C. R. M. Baigún, J. M. Iwaskiw, R. L. Delfino, and O. H. Padín. 2001. La cuenca del Salado: uso y posibilidades de sus recursos pesqueros. Editorial de la Universidad de La Plata, Serie Ambiente y Desarrollo N° 1. La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Mancini, M., and F. Grosman. 2008. El pejerrey de las lagunas pampeanas: análisis de casos tendientes a una gestión integral de las pesquerías. 1ª edición. Editoriales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba y Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Mancini, M., F. Grosman, B. Dyer, G. García, O. del Ponti, P. Sanzano, and V. Salinas. 2016a. Pejerreyes del sur de América. Aportes al estado de conocimiento con especial referencia a *Odontesthes bonariensis*. 1ª edición. Universidad Nacional de Río Cuarto (UniRío Editora). Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Mancini, M., F. Grosman, P. Sanzano, O. Del Ponti, and V. Salinas. 2016b. Características limnológicas, ictiofauna y abundancia de *Odontesthes bonariensis* de 35 lagunas de la región pampeana (Argentina). *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 28:79-93.
- Marini, T. L., and R. B. López. 1963. Recursos acuáticos vivos. Pp. 1-266 *en* Evaluación Recursos Naturales de la Argentina (CFI). Vol. 7.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis, World Resources Institute. Washington, USA.
- Morello, J., S. Matteucci, A. Rodríguez, and M. Silva. 2012. Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos. 1ª edición. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina.
- Noguez Piedras, S. R., J. L. O. Fernandes, I. S. Motoyama, and G. B. Martins. 2009. Efeito de diferentes concentrações de salinas (NaCl) na sobrevivência de embriões de peixerei *Odontesthes bonariensis* e *Odontesthes humensis*. *Biotemas* 22(3):235-238. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p235>.
- Olivier, S. R. 1959. Sequias, inundaciones y aprovechamiento de las lagunas bonaerenses, con especial referencia al desarrollo futuro de la piscicultura. *Agro Publ Téc Argentina* 1(2):1-94.
- Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks, and J. C. Stromberg. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience* 47:769-784. <https://doi.org/10.2307/1313099>.
- Poff, N. L., and J. K. H. Zimmerman. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshw Biol* 55:194-205. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x>.
- Poff, N. L., R. E. Tharme, and A. H. Arthington. 2017. Evolution of environmental flows assessment science, principles, and methodologies. Pp. 203-236 *en* Water for the Environment: from Policy and Science to Implementation and Management. Cambridge, UK. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803907-6.00011-5>.
- Puig, A., and H. Olguín Salinas. 2020. Calidad del agua de cursos fluviales de la Reserva MaB Delta y evidencias de cambios de relevancia ecológica y social en el régimen hidrológico del río Paraná Inferior. Pp. 124-142 *en* El agua: estudios interdisciplinarios sobre gestión sostenible multisectorial y ecosistémica. G. D. Capaldo (ed.). 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Quirós, R., and E. Drago. 1999. The environmental state of Argentinean lakes: an overview. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 4:55-64. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.1999.00076.x>.
- Richter, B. D., and G. A. Thomas. 2007. Restoring environmental flows by modifying dam operations. *Ecol Soc* 12(1): 12. <https://doi.org/10.5751/ES-02014-120112>.
- Ricker, W. 1971. Methods for assessment of fish production in fresh waters. 2nd ed. IBP Handbook no. 3. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK.
- Roig, V. G. 1991. Latin American Mammalogy. History, Biodiversity, and Conservation. Pp.239-279 *en* M. A. Mares and D. J. Schmidly (eds.). Desertification and Distribution of Mammals in the Southern Cone of South America. University

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE *O. BONARIENSIS*

- of Oklahoma Press, Norman and London, UK.
- Rusconi, C. 1961. Poblaciones Pre y Posthispanicas de Mendoza. Vol. 1. Etnografía. Imprenta oficial Mendoza, Mendoza, Argentina.
- Saavedra, F. A., S. K. Kampf, S. R. Fassnacht, and J. S. Sibold. 2018. Cambios en la capa de nieve de los Andes a partir de datos de MODIS, 2000-2016. *The Cryosphere* 12:1027-1046. <https://doi.org/10.5194/tc-12-1027-2018>.
- Sardella, B. A., J. Cooper, R. J. González, and C. J. Brauner. 2004. The effect of temperature on juvenile Mozambique tilapia hybrids (*Oreochromis mossambicus* x *O. urolepis hornorum*) exposed to full-strength and hypersaline sea-water. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 137:621-629. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2003.12.003>.
- Sendra, E., and D. Colautti. 1997. Procedimiento metodológico para el estudio del crecimiento del pejerrey *Odontesthes bonariensis bonariensis* en la laguna San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Natura Neotropicalis* 28(2):105-115. <https://doi.org/10.14409/natura.v2i28.3704>.
- Siegenthaler, G. B. (coord.). 2004. Relevamiento de vertebrados de la provincia de La Pampa. *En* Inventario Integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad Nacional de La Pampa, Subsecretaría de Cultura de La Pampa. CD multimedia.
- Sverlij, S. B., and J. P. Mestre Arceredillo. 1991. Crecimiento del pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atheriniformes) en el embalse La Florida, San Luis, Argentina. *Rev Hydrobiol Trop* 24(3):183-195.
- Tsuzuki, M. Y., H. Aikawa, C. A. Strüssman, and F. Takashima. 2000. Comparative survival and growth of embryos, larvae and juveniles of pejerrey (*O. bonariensis* and *O. hatchery*) at different salinities. *Journal of Applied Ichthyology* 16:126-130. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2000.00227.x>.
- Villanueva, M., and V. Roig. 1995. La ictiofauna de Mendoza. Reseña histórica, introducción y efectos de especies exóticas. *Multequina* 4:93-104.
- Williams, W. 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation* 29(2):154-167. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000103>.
- Zavialov, P. O., A. G. Kostianoy, and S. V. Emelianov. 2003. Hydrographic survey in the dying Aral Sea. *Geophysical Research Letters* 30(13):1659-1662. <https://doi.org/10.1029/2003GL017427>.