

PARÁMETROS AMBIENTALES Y PESQUEROS DE UN LAGO SOMERO DE LA PAMPA, LUEGO DE UNA MORTANDAD MASIVA DE *Odontesthes bonariensis*

O. DEL PONTI¹, J.L. MARANI¹, E. GANORA¹, A. BERGUÑO²,
J.M. GALEA¹ & P. PRATTS^{1,3}

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Avenida Uruguay 151. 6300. Santa Rosa, La Pampa.

² Dirección de Recursos Naturales de La Pampa. Centro Cívico, 3° Piso. 6300. Santa Rosa, La Pampa.

³ Secretaría de Recursos Hídricos de La Pampa. 9 de Julio 280. 6300. Santa Rosa, La Pampa.
e-mail: delponti@exactas.unlpam.edu.ar

ABSTRACT. The Bajo Giuliani Lagoon (36° 42' 20" S, 64° 16' 02" W) is located south of the city of Santa Rosa, La Pampa, which was stocked with fish during the late 90's. In this hypertrophic shallow lake, major environmental changes caused mass mortalities of silverside *Odontesthes bonariensis*, the last one occurred in 2010. In order to know the current state of the environment, in April 2013 surface water samples were collected, several points were georeferenced and major morphometric parameters were estimated. Fish were captured by trawls and gillnets. The lake has an area of 965 ha with an average depth of 2.31 meters, hyposaline, hard and sodium chlorinated water. Captured register 549 specimens of *O. bonariensis* and 437 of *Jenynsia multidentata*, showing a low diversity. The captured silverside ranged from 75 to 343 mm standard length and from 4 to 568 grams. The catch per unit effort in number and biomass was 519 fishes/night and 99.2 kilos/night respectively, and the trophy size (PSD) was 41.66%. The results indicate that PSD was 16% lower than those recorded before mortality in October 2009. Also, CPUE in number and CPUE in weight obtained were lower than that date. Nevertheless, several index showed better current body conditions.

Key words: shallow lake; La Pampa; *Odontesthes bonariensis*; fish mortalities; body condition index.

Palabras clave: lagunas; La Pampa; *Odontesthes bonariensis*; mortandad de peces; índices de condición corporal.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas de la región pampeana no poseen estratificación térmica o química bien definida, (Ringuelet, 1962; Dangavs, 1995, 1998), en general tienen escasa profundidad media, alta productividad biológica, elevado contenido de nutrientes, elevado estado trófico y salinidad variable (Quirós *et al.*, 2002; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004). La hidroquímica y el grado de conexión hídrica superficial juegan un papel importante en la determinación de la composición de la ictiofauna (Gómez y Menni, 2005). Si bien el número de espe-

cies de peces que habitan estos ambientes es ampliamente variable, adquiere especial relevancia *Odontesthes bonariensis*, por ser la de mayor importancia pesquera tanto recreativa-deportiva como artesanal-comercial (Baigún y Anderson, 1993; Gómez y Ferriz, 1998; Menni, 2004; López *et al.*, 2001; Nicola *et al.*, 2007; Mancini y Grosman, 2008).

En la región occidental de la provincia de La Pampa (Cano *et al.*, 1980), se encuentran lagunas originadas a partir del flujo de agua que escurre por el sistema fluvial que conforman los ríos Atuel-Salado o Chadi-

leuvú-Curacó y Colorado, donde existen registros de peces y también de aprovechamientos esporádicos efectuados a través de pesquerías deportivas, artesanales y hasta comerciales (Marini y López, 1963; Gilbert y Gómez, 1985; Kuz, 2009; Gérin, 1981). En el resto de la provincia, las lagunas son originadas por precipitación, descarga de los niveles freáticos de acuíferos o por una combinación de ambos, pudiendo ser transitorias o permanentes (Cazenave y Hernández, 1992). Constituyen una excepción aquellas de origen fluvial, formadas intermitentemente por los desbordes del río Quinto, en el noreste provincial (Del Ponti y Berguño, 2012). Originalmente carente de peces, por mucho tiempo estos cuerpos de agua fueron considerados, la fracción de inutilizada, un área de anegamiento improductiva y hasta el basurero del campo (Del Ponti *et al.*, 2005), en el peor de los casos. A excepción del aprovechamiento representado por la explotación de sales que se realiza en algunos ambientes (Cordini, 1967; Espejo y Sotorres, 1996, Schalamuk, 1999), generalmente no han sido valoradas como proveedores de bienes y servicios ambientales (Groom *et al.*, 2005, Turner *et al.*, 2007). Sólo a fines del siglo pasado y tras un período de elevadas precipitaciones (Roberto *et al.*, 1994; Umazano *et al.*, 2002), se avanzó en el aprovechamiento pesquero recreativo deportivo de algunas lagunas del centro y este provincial, oportunamente sembradas con *O. bonariensis*. (Del Ponti *et al.*, 2005, Tamborini *et al.*, 2007).

La laguna del Bajo Giuliani, cuenco sin conexión hídrica superficial permanente (Marani *et al.*, 2002), fue sembrada con pejerrey bonaerense en la década del 90', tanto en forma privada como oficial, a través del municipio de Santa Rosa (Marani *com. per.*). Su trasplante fue muy exitoso, transformando su biomasa original en un stock que, a fines del año 2007 comenzó a ser ex-

plotado de forma espontánea, no organizada. Posteriormente, a partir del año 2008 se autorizó oficialmente la pesca (Vázquez *et al.*, 2010) y se conformó un coto administrado conjuntamente por la Escuela Agrotécnica y el Gobierno de La Pampa.

En respuesta al período de seca que desde 2005 atraviesa la provincia (Casagrande *et al.*, 2012), este lago somero y de elevado nivel trófico (Echaniz *et al.*, 2010), registró una significativa variación de los parámetros morfométricos y físico-químicos del agua. Modificaciones ambientales de este tipo tienden a afectar a las poblaciones de pejerrey cambiando el reclutamiento, la mortalidad, los patrones de crecimiento, la disponibilidad de alimento y la condición corporal (Baigún *et al.*, 2009). En este sentido, las estimaciones de la abundancia relativa, a través de la captura por unidad de esfuerzo (cpue), de la densidad proporcional de stock pesquero (psd) y de la condición corporal de los peces, constituyen herramientas diagnóstica que permiten rápidamente evaluar el estado poblacional del pejerrey, bajo diferentes escenarios ambientales (Freyre, 1976; Baigún, 2005; Colautti *et al.*, 2006; Baigún *et al.*, 2009).

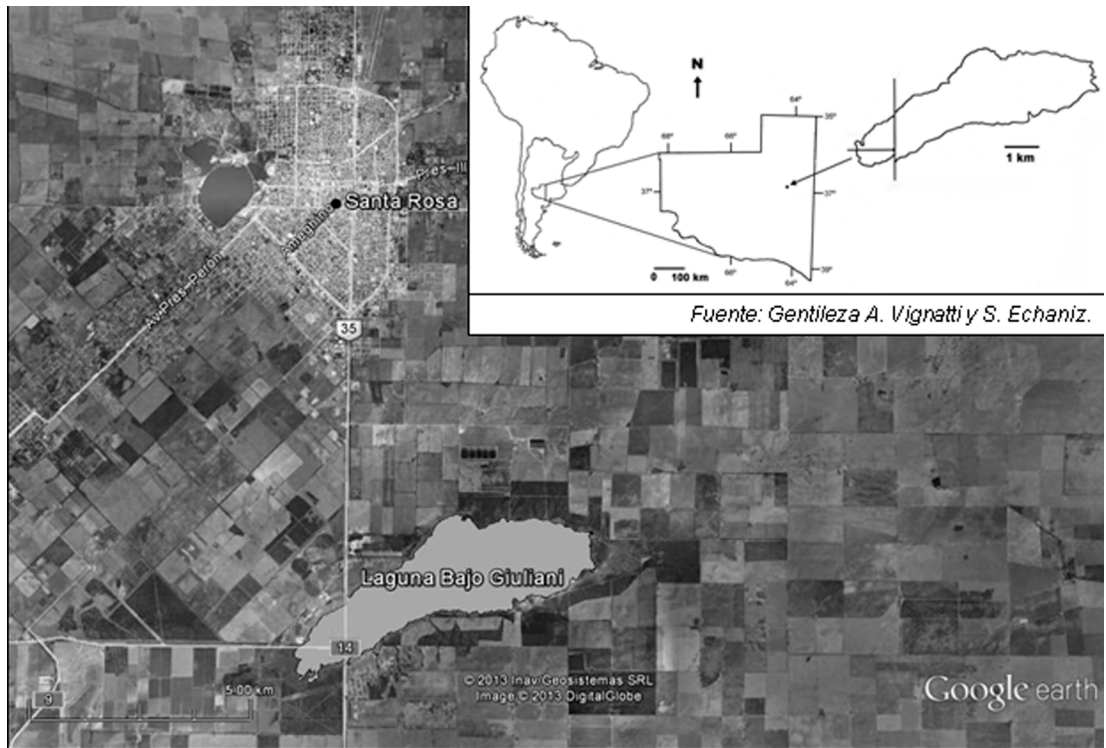
En el caso de la laguna del Bajo Giuliani las variaciones circunstanciales descriptas provocaron mortandades masivas de *O. bonariensis*, en la última de ellas, ocurrida en diciembre de 2010, sólo en la costa del cuenco se estimaron más de 330.000 ejemplares muertos (Dirección de Recursos Naturales de La Pampa, datos inéditos). Sin embargo, a pesar de no existir registros de siembras, la población de peces se recompuso numéricamente. Esto permite inferir que las mortandades no fueron totales y los peces que sobrevivieron, en cierta medida, renovaron o rehicieron numérica y volumétricamente la población original. El objeto del presente trabajo fue conocer el estado actual de los principales parámetros ambientales de la laguna

del Bajo Giuliani y pesqueros del pejerrey bonaerense que la habita y compararlos con los registrados antes de producirse la última mortandad en 2010.

Área de estudio

La laguna del "Bajo Giuliani" ($36^{\circ} 42' 20''$ S; $64^{\circ} 16' 02''$ O) se encuentra ubicada

cerca de 10 kilómetros al sur de la ciudad de Santa Rosa provincia de La Pampa, República Argentina. Consta de tres cuerpos, separados por la ruta provincial N° 14 y nacional N° 35 (Fig. 1). Es una geodepresión tipo "bolsón" de drenaje endorreico, elongada en sentido Este-Noreste (E-NE) - Oeste-Suroeste (O-SO) (Marani, 1999).



Fuente: Gentileza A. Vignatti y S. Echaniz.

Figura 1. Ubicación de la laguna del Bajo Giuliani a unos 10 km de la ciudad de Santa Rosa-La Pampa.

Esta laguna recibe aguas del escurrimiento de su propia cuenca (colector natural), del trasvase por bombeo de la Laguna Don Tomas (cuando el nivel de esta se halla desbordado), del sistema de desagües pluviales sudeste de la ciudad, de los líquidos cloacales depurados en las Plantas de Tratamiento Norte y Sur y además, funciona como zona de descarga de agua subterránea, captando de esta forma prácticamente la totalidad del escurrimiento. Al ser un sistema hidrológicamente cerrado, las salidas

naturales están constituidas por la evaporación y la infiltración (Mecca, 2008).

La litología del área es de textura arenosa a areno franco con abundantes carbonatos y sales en menor proporción. La zona posee una temperatura media de $15,5^{\circ}\text{C}$, máxima media de 23°C , mínima media de $8,1^{\circ}\text{C}$, humedad relativa media del 62%, vientos del N-NE y S-SO, con velocidad promedio anual de 10 km/h, precipitación media de 586 mm y uso agrícola-ganadero de la tierra (Cano *et al*, 1980).

Los campos de cultivo que rodean la laguna contienen montes de caldenes a modo de parches de importantes y variadas dimensiones. Por otro lado, en el margen norte de la laguna se encuentra una relativamente importante forestación de coníferas regadas con el agua proveniente del tratamiento de líquidos cloacales. En el faldeo del margen sur se desarrolla un asentamiento residencial privado de creciente urbanización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó con los datos provenientes de dos campañas de muestreo, una realizada en Octubre de 2009 y otra en abril de 2013, respectivamente antes y después de producirse una importante en diciembre de 2010. Las tareas de campo fueron desarrolladas, en conjunto por personal de la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de La Pampa y de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales, en el marco del monitoreo de cuerpos de agua de la provincia de La Pampa.

La determinación de las coordenadas geográficas se efectuó con un GPS marca Garmin Etrex y el programa MapSource 3,02 de Garmin Corp. Se analizaron imágenes satelitales y se utilizó el programa Google Earth Pro, utilizando el historial de imágenes, para estimar los siguientes parámetros morfométricos: longitud máxima, ancho máximo y superficie del ambiente. La definición de las profundidades fue realizada desde el bote, por medio de una sonda manual, en tanto la profundidad media fue estimada a partir de la relación Z media: $0,7 * Z$ máxima, donde Z = profundidad (Quirós, 2004).

Para definir las características químicas del agua de la laguna, en cada campaña se tomaron dos muestras de agua superficial (una en la orilla y otra en el centro), en botellas de 1 litro de capacidad. El análisis de laboratorio incluyó: residuo seco, conductividad eléctrica, pH, cloruros, sulfatos, bi-

carbonatos, dureza total, calcio, magnesio, sodio, potasio, flúor y arsénico. Las muestras fueron analizadas de acuerdo a métodos estandarizados (APHA 1992), en tanto la comparación de los registros entre campañas fue efectuada a través de pruebas no paramétricas utilizando el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

En la captura de peces se emplearon artes de pesca activos y pasivos: 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, la que fue accionada para barrer áreas de 0,10 ha; b) dos trenes de enmalle de 104 metros lineales cada uno, compuestos por 7 paños de redes de distintas aberturas de malla (rango: 15-40 mm). Los trenes fueron calados al atardecer en sentido longitudinal y transversal a la línea de costa y levantados al amanecer, con un tiempo de tendido que osciló en torno a 12 horas.

Los peces capturados fueron identificados sistemáticamente a nivel de especie siguiendo a Ringuelet *et al.*, (1967); Rosso, (2006) y López *et al.*, (2003). La diversidad alfa se estimó mediante el índice de Shannon-Wiener: $H = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$, donde p_i es la proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i y el índice de uniformidad (equidad de Pielou), $E = H / \log_2 S$, donde S es el número de las especies de la muestra. Los análisis fueron efectuados con el software estadístico Past (Hammer *et al.*, 2001).

Todas las capturas de *Odontesthes bonariensis* efectuadas en cada paño del tren fueron separadas e identificadas por el tamaño de la malla. A los individuos se les determinó: peso total con precisión de 1 g, longitud total, longitud estándar y longitud cefálica con precisión de 1 mm.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue referenciada a la cantidad y biomasa de pejerrey capturado por tren durante la noche de muestreo. En tanto la calidad deportiva y/o comercial, corriente-

mente denominada densidad proporcional de stock (PSD), se estimó a partir de los datos de captura sin corregir (Anderson, 1980) con la fórmula: $PSD = N^{\circ} \text{ peces} \geq 245 \text{ mm} / N^{\circ} \text{ peces} \geq 120 \text{ mm}$.

Las capturas se estandarizaron a 25 m² de cada paño de red y 12 horas de muestreo, luego fueron corregidas por la selectividad del arte empleado (Freyre y Maroñas, 1995). Estos datos fueron utilizados para determinar la estructura de talla (Remes Lenicov y Colautti, 2003). Las representaciones gráficas que integran la distribución de frecuencias del total de capturas discriminado por tamaño de malla, como así también media y desvío estándar de las longitudes correspondientes a cada una de las mallas y correspondiente línea de tendencia fue realizado por medio del software Pasgear (Kolding y Skalevik, 2009). Este fue desarrollado para el análisis de datos experimentales provenientes de la pesca artesanal, ambos obtenidos por medio de artes pasivas, como son los trenes de redes agalleras utilizados en este estudio.

La condición corporal de los peces se evaluó por medio del peso relativo, expresado a través de la fórmula:

$$Pr = \frac{P}{Ps} \times 100$$

donde P es el peso observado, y Ps es el peso teórico que tendría un pez de la misma talla calculado a partir de la ecuación: $\text{Log}_{10} Ps = -5,267 + 3,163 \text{ Log}_{10} \text{Lstd.}$, valores cercanos a 100 indican optima condición, cercanos a 85 regular y menores a 75 mala condición. Así mismo se estimó la relación largo-peso: $P = a * \text{Lstd}^b$, índice cefálico: $IC = (Lc/L \text{ st}) *$

100 y factor de condición: $K = P * 10^5 / \text{Lstd}^3$, donde: P= peso del pez, Lstd = longitud estándar, Lc = longitud de la cabeza y a y b son la ordenada al origen y la pendiente del análisis de regresión, calculado previa transformación logarítmica (base 10) de los datos.

Los resultados obtenidos en la campaña previa y posterior a la mortandad ocurrida en diciembre de 2010 fueron comparados entre sí y con valores de referencia (Freyre, 1976; Colautti *et al.*, 2006). Los análisis fueron efectuados con el software estadísticos InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS

Morfometría y química lagunar

Los parámetros morfométricos que presentó la laguna durante la campaña efectuada en abril de 2013, fueron entre el 8 y 31% mayores que las estimaciones efectuadas en octubre de 2009 (Tabla 1; Fig. 2).

Los valores medios de las determinaciones químicas del agua, realizadas en el laboratorio (Tabla 2), indican que el ambiente tuvo características hiposalinas, con aguas cloruradas sódicas de elevada dureza. Los valores de conductividad y residuo seco registrados en abril de 2013 fueron respectivamente entre un 18% ($P = 0,016$) y un 22% ($P = 0,0002$) menores a los registrados en octubre de 2009. También se encontró diferencias altamente significativa respecto a los valores de octubre 2009 en los cloruros ($P = 0,0015$), sulfatos ($P = 0,0015$), bicarbonatos ($P = 0,0002$) y dureza total ($P = 0,0003$). Por otro lado no se encontró diferencias significativa en los valores registrados entre campañas en pH ($P = 0,61$), arsénico ($P = 0,14$) y flúor ($P = 0,51$).

Tabla 1. Principales parámetros morfométricos de la laguna antes y después de la mortandad.

Año	Volumen (Hm ³)	Superficie (ha)	Profundidad media (m)	Largo máximo (m)	Ancho máximo (m)	Perímetro (m)
2013	22,3	965	2,31	6180	2550	16350
2009	17,0	797	2,14	5045	2089	14257
% de Diferencia	30,7	21,1	7,9	22,5	22,0	14,7

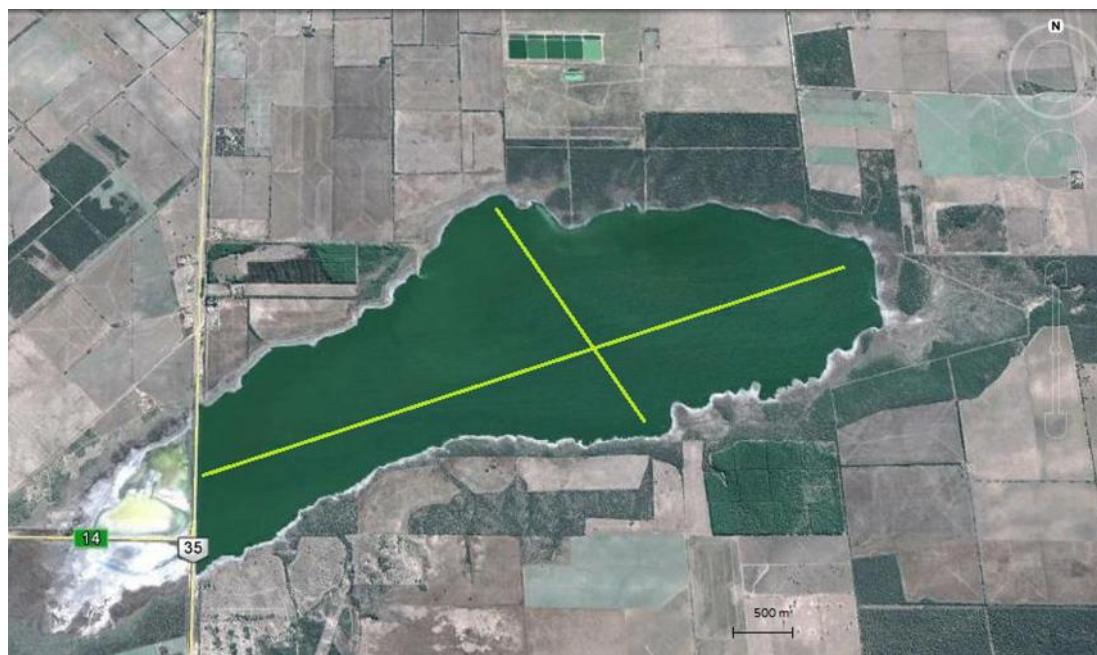


Figura 2. Imagen de la laguna del Bajo Giuliani mostrando largo y ancho máximo (Google Earth)

Tabla 2. Resultados del Análisis Físico Químico

Parámetro	Unidad	Valor Medio Abr-2013	Des. Estándar	Valor Medio Oct-2009
Conductividad	(µmhos/cm)	10967,7	868,1	13517,7
R.s.	(mg/l)	14955,0	77,8	19311
pH	(mg/l)	9,1	0,5	8,9
Cl-	(mg/l)	3513,2	203,2	5542
SO4=	(mg/l)	1280,0	243,3	2050
CO3H-	(mg/l)	148,0	115,7	1084
D.TOTAL	(mg/l)	954,1	60,4	1094
Ca++	(mg/l)	189,6	163,7	438
Mg++	(mg/l)	160,4	49,7	327
F-	(mg/l)	2,7	0,5	3
As	(mg/l)	0,1	0,0	0
Na+	(mg/l)	4565,0	1311,7	4103
K+	(mg/l)	82,5	53,0	92

Captura y análisis de la ictiofauna

En ambas campañas sólo se capturaron ejemplares pertenecientes a las mismas dos especies: *O. bonariensis* y *J. multidentata*, las que están incluidas en 2 órdenes y 2 familias. En octubre de 2009 se colectaron 1878 ejemplares y en abril de 2013, 986. La diversidad encontrada fue baja, en 2009 *O. bonariensis* fue casi 3 veces más abun-

dante que *J. multidentata*. En 2013 ambas especies estuvieron representadas por relativamente el mismo número de individuos (Tabla 3). La red de arrastre capturó las dos especies y el tren de enmalle sólo *O. bonariensis*. Por otro lado, en octubre de 2009, *O. bonariensis* representó el 66% del total de capturas y el 56% en abril de 2013. En términos de biomasa *O. bonariensis* fue ampliamente superior en ambas campañas superando el 99% de las mismas.

Tanto en 2009 como en 2013, todos los paños que conformaron el tren de enmalle registraron capturas de *O. bonariensis*. Puntualmente en 2013 la longitud estándar media de los ejemplares de cada paño fue creciente, conforme aumentó el tamaño de malla (Fig. 3). De todas ellas, la malla de 21 mm nudo a nudo fue la de mayor registro de captura, concentrando poco más del 27% del total, le siguieron las de 25, 15, 35, 30 y 19 mm con un 21, 17, 15, 11, y 5.4% respectivamente, la que menos capturó fue la de 40 mm con un 1,74%. Por otro lado las capturas corregidas, por la

Tabla 3. Especies colectadas discriminadas por arte de pesca e índices de diversidad.

Orden / Familia / Especie	Nombre común	Capturas				Total	
		Arrastre		Enmalle		2009	2013
		2009	2013	2009	2013		
Cyprinodontiformes Familia: Anablepidae <i>Jenynsia multidentata</i> (Jenyns, 1842) Distribución: Parano-Platense	Madrecita de agua, Overito	647	437	0	0	467	437
Atheriniformes Familia: Atherinopsidae <i>Odontesthes bonariensis</i> (Valenciennes, 1835) Distribución: Parano-Platense	Pejerrey bonaerense	10	30	1231	519	1241	549
Diversidad Shannon-Weiner						0,64	0,69
Índice de Equidad						0,93	0,99

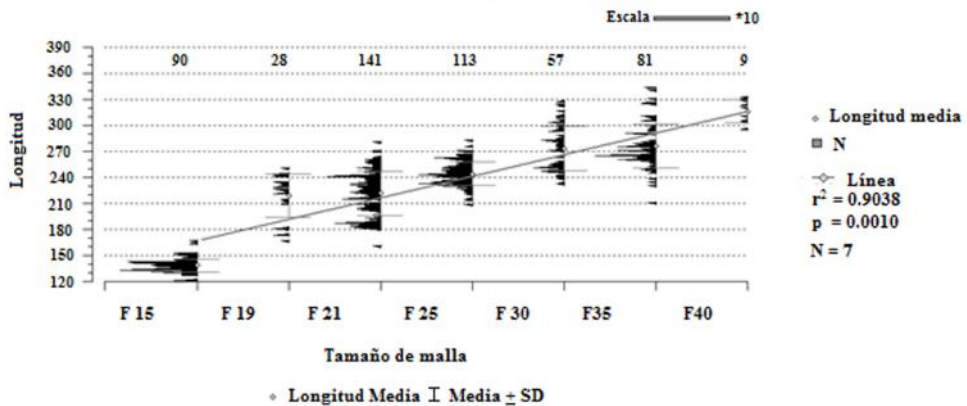


Figura 3. Distribución de frecuencias del total de capturas discriminado por tamaño de malla

selectividad del arte, mostró que la población estuvo integrada básicamente por individuos comprendidos entre 125 y 325 mm. Sin embargo la captura de ejemplares de 155 a 175 mm y de 195 a 205 fue muy escasa, convirtiéndose estos en rangos pobremente representados (Fig. 4).

Cerca del 2,5% de los ejemplares analizados fueron calificados sexualmente indefinidos, por encontrarse en un estado muy prematuro de desarrollo sexual. Así mismo la relación macho/hembra encontrada fue 0,42, por lo que se capturaron 2,35 veces más hembras que machos (Fig. 5).

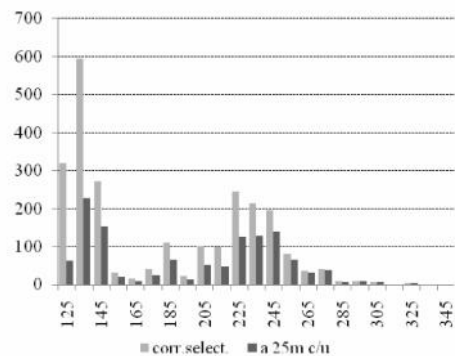


Figura 4. Distribución de tallas estimada para una longitud de 25 m² para cada paños, 12 horas de muestreo y corrección por la selectividad de las respectivas redes.

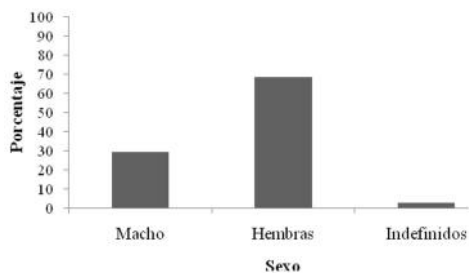


Figura 5. Proporción de sexos encontrada

CPUE y PSD

La captura por unidad de esfuerzo en número y peso fueron de 1231 ejemplares/noche y 328 kilos/noche respectivamente en octubre de 2009 y de 519 ejemplares/noche y 99,2 kilos/noche respectivamente en abril de 2013. En octubre de 2009 el pejerrey de mayor tamaño registró 396 mm de longitud estándar y 960 g de peso, pero el conjunto tuvo un peso medio. Mientras en abril de 2013 estos cómputos fueron de 343 mm de longitud estándar y 568 g de peso y 191 g de peso medio. Por otro lado el PSD obtenido en octubre de 2009 (57,5%) mostró que más de la mitad de los ejemplares capturados fueron de interés deportivo y/o comercial. En cambio el PSD de abril de 2013 fue de 41,6%, por lo que menos de la mitad de los ejemplares capturados fueron de interés deportivo y/o comercial.

La CPUE_n y CPUE_p obtenidos en abril de 2013 fueron respectivamente 2,3 y 3,1 veces inferiores al obtenido en este mismo ambiente en octubre de 2009 (Fig. 6). Por

su lado, el PSD fue un 16% menor al registrado en octubre de 2009 y no sugiere diferencias significativas ($T=0,145$).

Condición corporal

En la campaña efectuada en 2009, el índice K ($n = 114$) de los peces menores a 300 mm, tuvieron en general una condición inferior a la media esperable y fue mayor en los ejemplares con longitudes superiores a 300 mm (Fig. 7). El índice cefálico ($n = 114$) la gran mayoría de los valores encontrados estuvieron por encima del valor medio estándar de la especie, indicando mala condición (Fig. 8). Los valores del peso relativo ($n = 205$) se mostraron por debajo del óptimo deseable en ejemplares de hasta 220 mm de longitud y variaron entre 90 y 110 en los mayores (Fig. 9).

La ecuación estimada para la relación largo estándar – peso de los pejerreyes analizados fue $P = 5 * 10^{-6} * Lest^{3.1803}$ ($R^2 = 0,9768$; $n = 205$) (Fig. 10).

En la campaña efectuada en 2013, los índices de condición corporal estimados estuvieron por encima y por debajo de los valores medios estándar, pero siempre dentro del rango deseable. El índice K ($n = 80$) de los peces menores a 200 mm, tuvieron en general una condición inferior a la media esperable y fue mayor en los ejemplares con longitudes superiores a 250 mm (Fig. 7). El índice cefálico ($n = 80$) en general presentó valores ubicados por debajo del valor medio estándar de la especie, indican-

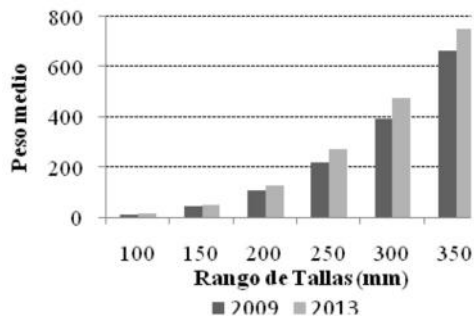
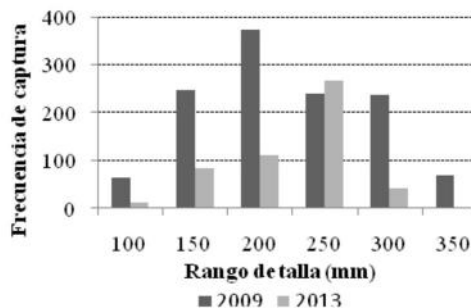


Figura 6. Captura en número y peso medio por rango de talla, registrados durante 2009 y 2013.

do buena condición (Fig. 8). La distribución de los valores del peso relativo ($n = 375$) denotó en general una excelente condición media (104,5), con valores que oscilaron entre buenos y óptimos, observándose mayor concentración de ejemplares con Pr por debajo de 100 en las tallas menores a 200 mm y Pr por encima de 100 en las tallas mayores (Fig. 9).

La relación largo estándar – peso de los pejerreyes se ajustó al modelo potencial convencional con ecuación $P = 2 * 10^{-6} * Lest^{3.3916}$ ($R^2 = 0,9845$; $n = 375$), e indicó un crecimiento alométrico positivo (Fig. 10).

En cuanto a la comparación entre campañas de muestreo, el índice k fue significativamente mayor ($P = 0,012$) al registrado en 2009. En tanto presentaron diferencias altamente significativas el peso relativo ($P = 0,0022$), el índice cefálico ($P < 0,0001$), y el exponente b de relación largo-peso ($P < 0,0001$), siendo en todos los casos mayor los estimados en el último muestreo.

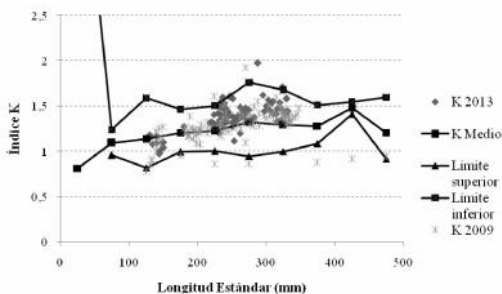


Figura 7. Índice de condición K obtenido y estándares específicos.

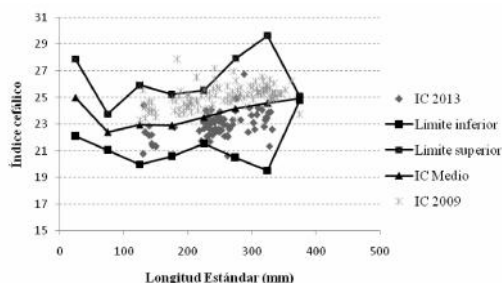


Figura 8. Índice Cefálico obtenido y estándares específicos.

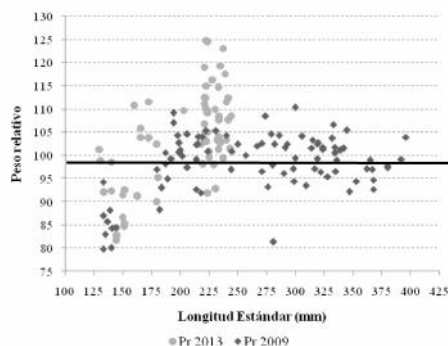


Figura 9. Peso relativo en función a la longitud estándar de los pejerreyes.

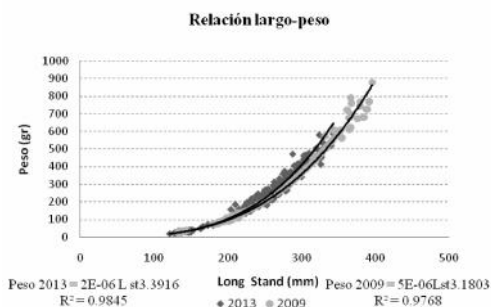


Figura 10. Relación Largo estándar-Peso corporal y ecuación de ajuste.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Por no contar con arroyos afluentes naturales y estar ubicada en una zona caracterizada por presentar balance hídrico negativo, donde la evapotranspiración es superior a las precipitaciones (Roberto *et al.*, 1994), la laguna del Bajo Giuliani, originalmente fue un ambiente temporario, de elevada y muy variable salinidad. Sin embargo debido al aporte constantes del agua proveniente de dos plantas de tratamientos de líquidos cloacales de la ciudad de Santa Rosa, desagües pluviales y descarga subterránea, desde el año 2000 se ha transformado en un ambiente permanente. La estabilidad hídrica que le confieren estos aportes le permiten mantener características hiposalinas (Hammer, 1986) de relativamente escasa

fluctuación de la salinidad en comparación a la gran variación registrada en otros ambientes de la provincia (Echaniz *et al.*, 2009).

Puede acotarse que existe, en la actualidad, una mezcla rápida del agua proveniente del canal de las Plantas de tratamiento cloacal, con el agua de la laguna del Bajo Giuliani y que las concentraciones de iones disueltos son menores en el agua del canal que en el cuenco. La composición química del agua del Bajo Giuliani se debe a la evaporación de la descarga del agua subterránea y procesos geoquímicos modificadores (Pratts, 2012). Sin embargo el líquido proveniente de las plantas de tratamiento aporta una muy importante cantidad de fosfatos y nitrógeno y en ocasiones conforman una pluma de concentración hacia el este del cuenco (Pratts, 2012). Atendiendo el importante papel que tienen en el desencadenamiento de mortandades de peces (Quirós, 1991; Grosman y Sanzano, 2002), estos nutrientes deberían ser monitoreados constantemente.

A partir del año 2008 y hasta el 2011, los aportes de agua a la laguna registrados (Pratts, 2012; SMN, 2009) no fueron suficientes para compensar las pérdidas producidas por la evaporación, ocasionando un balance hídrico negativo. El fenómeno se hizo especialmente evidente durante el año 2009 donde la frecuencia de días de lluvia y volumen caído fue muy inferior al registro del periodo 1961-2008 (SMN, 2009). Esto puede explicar la importante disminución de los parámetros morfométricos y elevación de los parámetros químicos que registro el ambiente en octubre de 2009, en relación a los registrados durante 2007 (Echaniz *et al.*, 2009). La disminución del volumen de agua, elevadas carga de nutrientes y de la temperatura, condujeron a la floración de algas potencialmente tóxicas, especialmente de cyanobacterias (*Planktothrix*, *Microcystis*

y *Anabaena*) registrada en forma inmediatamente previa y durante la mortandad de peces ocurrida en diciembre de 2010. Debe decirse que mortandades de pejerrey, por fenómenos semejantes, han sido registrados en lagunas y embalses del centro de Argentina (Grosman y Sanzano, 2002; Mancini *et al.*, 2006, Nicola *et al.*, 2007).

La laguna presento una muy baja riqueza de peces (Magurran, 1988; Moreno, 2001), conformada por solo dos especies cuya captura presento relativamente, poca diferencia numérica. Sin embargo, en términos de biomasa, el pejerrey dominó ampliamente el biotopo.

La carencia de conexión hídrica superficial permanente y las características químicas que presenta el ambiente, evitan la incorporación de otras especies ícticas (Gómez y Menni, 2005). Esto explicaría la ausencia de *Corydoras paleatus*, *Cnesterodon descenmaculatus*, *Cyprinus carpio*, *Cheirodon interruptus* y *Oligosarcus jenynsii* registradas en la laguna Don Tomás (Del Ponti y Berguño, 2012), próxima a la del Bajo Giuliani, con la cual mantiene conexión hídrica esporádica. Por otro lado, teniendo en cuenta que la riqueza ictiofaunística en diversas lagunas pampeana está estrechamente ligada a la salinidad del agua (Gómez y Ferriz, 1998), no llama la atención la presencia sólo de *O. bonariensis* y *J. multidentata* en la laguna del Bajo Giuliani puesto que son las especies que más amplio rango de tolerancia poseen (Menni, 2004; Gómez *et al.*, 2007; Nicola *et al.*, 2007).

En cuanto al pejerrey, las CPUE en número y peso, fueron semejantes o superiores a los registrados por otros autores en numerosos ambientes pampeanos (Berasain *et al.*, 1999; Remes Lenicov y Colautti, 2003). La distribución de tallas de capturas tuvo una relativamente importante cantidad de ejemplares superiores a los 225 mm de longitud estándar y 200 g de peso. En términos

generales la CPUE en peso de pejerrey, registrada en este estudio, fue similar al promedio descripto para laguna pampeana turbias (Quirós *et al.*, 2002; Kopprio, 2010).

Luego de la drástica y significativa remoción de ejemplares, producto de la mortandad, y en ausencia de siembras, se interpreta que el relativamente reducido número de individuos sobrevivientes recompuso la población en número y biomasa (Csirke, 1990). Esta se desarrolló en un ambiente con muy escasa o nula presión pesquera, con disponibilidad de recursos comparativamente mucho mayor al que tuvo el ambiente, previo a la mortandad y prácticamente sin competencia alimentaria, debido a la ausencia de otras especies. Este escenario, fue propicio para el desarrollo de la especie presente, en este caso el pejerrey, debido a que hubieron pocos individuos para aprovechar los mismos recursos alimenticios (Grosman, 1995), lo cual se vio reflejado en la condición corporal. En efecto, todos los índices de condición utilizados no solo indicaron un buen grado de condición y bienestar de los peces (Freyre, 1976; Colautti *et al.*, 2006; Mancini y Grosman 2008) sino también mostraron ser significativamente mejores que los registrados poco más de 3 años atrás, antes de ocurrida la mortandad.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, R.O. 1980. Proportional stock density (PSD) and relative weight (Wr): interpretative indices for fish populations and communities. Pp. 27-33. In: Gloss, S. y B. Shupp (eds.). Practical fisheries management: more with less in the 1980's. New York Chapter American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- APHA 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th ed. American Public Health Association, Washington DC.
- Baigún, C. y R. Anderson. 1993. Structural indices for stock assessment of and management recommendations for pejerrey *Odontesthes bonariensis* in Argentina. North American J. Fisheries Management, 13: 600-608.
- Baigún, C.R. 2005. Manejo de recursos Pesqueros continentales: uso de una caja de herramientas. Biología Acuática, 22: 29-45.
- Baigún, C., D. Colautti y F. Grosman. 2009. Assessment of condition in *Odontesthes bonariensis*: which index works best? Neotropical Ichthyology, 7(3): 439-446.
- Berasain, G. y D. Colautti. 1999. Laguna El Cuerú: Partido de Pehajó. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe Técnico. Dirección de desarrollo pesquero de la provincia de Buenos Aires. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, 21 pp.
- Cano, E., B. Fernández, M.A. Montes, C. Peña Zubiarte, D. Maldonado Pinedo, H. Martínez y R. Hevia. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de La Pampa: Vegetación. Inta-LP-UNLPam, 466 pp.
- Casagrande, G., M. Deanna, A. Farrell y F. Babinec. 2012. Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", período 1973-2011. Publicación técnica, 88: 46 pp.
- Cazenave, W. y R. Hernández. 1992: Inventario de lagunas de la provincia de La Pampa. Administración Provincial del Agua (Memoria e Inventario con 5 hojas cartográficas E 1:200.000) Mimeog, 25 pp.
- Colautti, D., M. Remes Lenicov y G. Berasain. 2006. A standard weight equation to assess the body condition of pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Symposium: Biology and Culture of Silversides. Biocell, 30(1): 131-135.

- Cordini, R. 1967. Reservas Salinas de Argentina. Secretaría de Estado de Energía y Minería, Anales 13, 106 pp.
- Csirke, J. 1990. Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc. Téc. Pesca, 192, 82 pp.
- Dangavs, N. 1995. Morfometría de cuerpos lénticos. En: Lopretto E. y G. Tell (eds). Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Ediciones Sur, La Plata: 27-44.
- Dangavs, N. 1998. Los ambientes lénticos de la Pampasia bonaerense, República Argentina. En: Fernández Cirelli, A. (aomp.). Agua. Problemática Regional. Enfoques y perspectivas en el aprovechamiento de recursos hídricos. Ed. Univ. de Buenos Aires: 145-149.
- Del Ponti O., G. Tamborini, H. Pereyra, A. Berguño, F. Duran, S. Augustu, G. Rovatti, J. Marani e Y. Rubio. 2005. Monitoreo de lagunas sembradas con *Odontesthes bonariensis* por la estación de piscicultura (UNLPam.). Actas I Congreso Pampeano del Agua de la Provincia de La Pampa: 155-164.
- Del Ponti, O. y A. Berguño. 2012. "Composición de la ictiofauna de la provincia de La Pampa, Argentina". XI Jornadas de Ciencias Naturales de Litoral, III Reunión Argentina de Ciencias Naturales, del 15 al 18 de Mayo de 2012. F.C.E. F. y N. Universidad Nacional de Córdoba y Academia Nacional de Ciencias. Córdoba, Argentina, Página 30.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Echaniz, S., A. Vignatti y G. Cabrera. 2009. "Características limnológicas de una laguna turbia orgánica de la provincia de La Pampa y variación estacional del zooplancton". *Biología Acuática* 26: 71-82.
- Echaniz, S., A. Vignatti, S. José de Paggi, J. Paggi y G. Cabrera. 2010. El modelo de estados alternativos de lagos someros en La Pampa: Comparación de bajo de Giuliani y El Carancho. Actas III Congreso Pampeano del Agua, Santa Rosa La Pampa: 45-53.
- Espejo, P. y E. Sotorres. 1996. Programa INDUSMIN.- La Pampa SEGEMAR - Dirección de minería de la pampa, 86 pp.
- Fernández Cirelli, A. y P. Miretzky. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary International*, 114 2004: 113-121.
- Freyre, L. y M. Maroñas. 1995. Estimación de la selectividad de redes de espera, para el pejerrey bonaerense, según las principales características de construcción del arte. *Gayana Oceanología*, 3(2): 41-52.
- Freyre, L. 1976. Normas para la inspección y determinación del estado actual de ambientes pesqueros Pampásicos. Dir. de Rec. Nat., Minis. Asuntos Agrarios. Buenos Aires, 31 pp.
- Gilbert, V. y M. Gómez. 1985. Reconocimiento de los recursos ictícolas de las lagunas: La Dulce, Urre Lauquen y La Amarga. *Agro Pampeano*, 2: 40-44.
- Gómez, S. y R. Ferriz. 1998. Una hipótesis de trabajo sobre la biología del pejerrey en la dinámica de las lagunas pampeanas. I Taller Integral sobre el recurso pejerrey en la provincia de Buenos Aires, Min. Asuntos Agrarios, Buenos Aires: 29-30.
- Gómez, S. y R. Menni. 2005. Cambio ambiental y desplazamiento de la ictiofauna en el este de la Pampasia (Argentina central). *Biología Acuática*, 22: 151-156.
- Gómez, S., R. Menni, J. González Naya y L. Ramírez. 2007. The physical-chemical habitat of the Buenos Aires pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei,

- Atherinopsidae), with a proposal of a waterquality index. *Environmental Biology of Fishes*, 78: 161-171.
- Groom, M., G. Meffe y C.R. Carrol. 2005. *Principles of Conservation Biology*. Sunderland, USA: Sinauer Associates, Inc.
- Grosman, F. 1995: El pejerrey, Ecología, cultivo, pesca y explotación. Ed. Astyanax. Azul. Argentina, 132p.
- Grosman, F. y P. Sanzano. 2002. Mortandades de Pejerrey *Odontesthes bonariensis* originadas por floraciones de cianobacterias en dos ambientes de Argentina. *AquaTIC*, 17: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=153>.
- Gérin, M.A. (dir) 1981. Pesca commercial en el departamento Curacó (Territorio Nacional de La Pampa) entre 1940 y 1950". Informe Cátedras de Historia Americana I y II, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa.
- Hammer, Ø., D. Harper y P. Ryan. 2001. PAST. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4 (1): 1-9.
- Hammer, U.T. 1986. *Saline Lake Ecosystems of the World. Monographiae Biologicae 59*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 616 pp.
- Kolding, J. y 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, 67 pp.
- Kopprio, G.A., R.H. Freije, C.A. Strüßmann, G. Kattne, M.S. Hoffmeyer, C.A. Popovich y 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.
- Kuz, C. 2009. Pescadores en el desierto. En: Puelches, una historia que fluye junto al Salado. Tarquini, Lagarda y Kuz. EdUNLPam, La Pampa, Argentina: 95-101.
- López, H.; A. Miquelarena y R. Menni. 2003. Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. ProBiotA Serie Técnica y Didáctica n° 5. La Plata, 87 pp.
- López, H., R.M.C. Baigún, J.M. Iwaszkiw, R.L. Delfino y O.H. Padin. 2001. La Cuenca del Salado: uso y posibilidades de sus recursos pesqueros. Editorial de la Universidad de La Plata, 89 pp.
- Magurran, A. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. España: Ed. Vedia, 200 pp.
- Mancini, M. y F. Grosman. 2008. El pejerrey de las lagunas pampeanas: análisis de casos tendientes a una gestión integral de las pesquerías. 1ª ed.- Editorial Universidad Nacional de Río Cuarto - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 446 pp.
- Mancini, M., C. Rodríguez, C. Prospero, V. Salinas y C. Bucco. 2006. Main diseases of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in central Argentina. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 26(4): 205-210.
- Marini, T.L. y R.B. López. 1963. Recursos acuáticos vivos. En: *Evaluación Recursos Naturales de la Argentina (CFI)*, 7: 1-266.
- Marani, J.L. 1999. Tesis de Maestría en conservación del medio natural y desarrollo sostenido. Diagnóstico ambiental y ordenación territorial del espacio natural: Humedal "Bajo Giuliani" y su entorno (provincia de La Pampa, Argentina). Universidad Internacional de Andalucía, España, 126 pp.
- Marani, J., O. Carballo, A. Calmels, E. Sotorres y J. Sbrocco. 2002. Ordenación territorial del humedal Bajo Giuliani y su entorno.- Provincia de La Pampa. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente Buenos Aires*, 17: 83-92.

- Mecca, J.C.V. 2008. Tesis de Maestría en Ciencias Hídricas. Análisis y modelación del comportamiento Hidrogeológico de las lagunas Don Tomás y Bajo Giuliani. Santa Rosa. La Pampa. Argentina.
- Menni, R. 2004. Peces y ambientes de la Argentina continental. Monografías n° 5 del Museo Argentino de Ciencias Naturales. Buenos Aires, 316 pp.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M6T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Nicola, I., M. Mancini, V. Salinas; C. Bucco y C. Rodríguez. 2007. Caracterización de humedales. La laguna pampeana Los Charos (Córdoba, Argentina). *Gestión Ambiental* 13(1): 21-32.
- Pratts, P.B. 2012. Tesis de Maestría en Ciencias Hídricas. Evaluación del impacto antrópico sobre la dinámica hidrológica e hidroquímica de la Laguna del Bajo Giuliani, Santa Rosa, La Pampa. UNLPam. 82 pp.
- Quirós, R. 1991. Empirical relationships between nutrients, phyto- and zooplankton and relative fish biomass in lakes and reservoirs of Argentina. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 24: 1198-1206.
- Quirós, R., A. Rennella, M. Boveri, J.J. Rosso, y A. Sosnovsky, 2002. "Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas". *Ecología Austral*, 12: 175-185.
- Quirós, R. 2004. Sobre la morfología de las lagunas pampeanas. Serie de Documentos de Trabajo del Área de Sistemas de Producción Acuática. Fac. de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 15 pp.
- Remes Lenicov, M. y D. Colautti. 2003. Laguna Chasicó, Partidos de Villarino y Puan. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe Técnico N° 56. Subsecretaría de Pesca y Recursos Naturales, MAA Prov. Buenos Aires, 25 pp.
- Ringuelet, R. 1962. *Ecología Acuática Continental*. Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 138 pp.
- Ringuelet, R., R. Arámburu y A. Alonso de Arámburu. 1967. Los peces argentinos de agua dulce. Provincia de Buenos Aires, Comisión de Investigación Científica. La Plata, 602 pp.
- Roberto, Z., G. Casagrande y E. Viglizzo 1994: "Lluvias en la pampa central. Tendencias y variaciones del siglo. Cambio climático y agricultura sustentable en la región pampeana." INTA. Public. N° 2. 25 pp.
- Rosso, J. 2006. Peces pampeanos. Guía y Ecología. Ed. L.O.L.A.. Buenos Aires, 221 pp.
- Schalamuk, I., M. Del Blanco, D. Marchionni, S. Romero y M. Cábana. 1999. Salinas sulfateras de la Región Pampeana, Buenos Aires y La Pampa. En: *Recursos Minerales de la República Argentina*. (Ed. Zappettini, E). pp 1947-1962. SEGEMAR Anales 35. Buenos Aires, Argentina Servicio Meteorológico Nacional. Boletín Climatológico Julio 2009. 2009. Programa de vigilancia del clima en la Argentina y en la región subantártica adyacente. Vol. XXI, N° 07.
- Tamborini, G., A. Berguño, H. Bagliani, O. Del Ponti, J. Marani y R. Ganuza. 2007. Pesca Artesanal-Experimental y Aprovechamiento Sustentable de Pejerrey (*Odontheistes bonariensis*). Actas II Congreso Pampeano del Agua, General Pico, La Pampa: 145-154.
- Turner, W., K. Brandon, T. Brooks, R. Constanza, G. da Fonseca y R. Portela. 2007. Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 57: 868-873.
- Umazano, M., E. Adema y S. Aimar 2002: "Variación espacio temporal de las precipitaciones en la provincia de La Pampa." VIII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Santa Rosa. La Pampa, 223-225.

Vázquez, F.M., O. Del Ponti, J.L. Marani, E. Ganora y A. Berguño. 2010. "Monitoreo pesquero y zooplanctónico de la laguna del

Bajo Giuliani". Santa Rosa. La Pampa. III Congreso Pampeano del Agua: Santa Rosa. La Pampa, Argentina, 327-334.