

Obtención experimental de alevines de *odontesthes bonariensis* (pejerrey), bajo manejo productivo en cautiverio y laboratorio, Puno-Perú

Experimental production of fingerlings *Odontesthes bonariensis* (silverside) under productive management in captivity and laboratory, Puno-Peru

Recibido: enero de 2016 | Revisado: abril de 2016 | Aceptado: mayo de 2016

ERNESTO YUJRA FLORES^{1A}
GLICERIO AMARU CHAMBILLA^{1A}
MARCELIANO SEGURA ZAMUDIO²
CARMEN VILLANUEVA QUISPE^{1B}
HUMBERTO SIGUAYRO MAMANI^{1B}
RENÉ CHURA CRUZ^{1C}

ABSTRACT

Currently, the population of *Odontesthes bonariensis* (pejerrey) in the Lake Titicaca-Puno is in danger of extinction due to, among other factors, overfishing, which has brought limitations to the use of animal protein in the region. The Continental Laboratory of Puno - Institute of Peruvian Sea, has among its functions to generate new technologies that enable regional sustainable development from a food security program called "Smelt breeding program at Lake Titicaca". To this end, they settled the objective to experimentally obtain fingerlings under reproductive control, with both field and laboratory breeding conditions of "*Odontesthes bonariensis*" from the bay of Lake Titicaca in Puno, Peru. The study was conducted from February 2011 to February 2015. An investigation was carried out with quantitative approach, applying empirical methods of experimentation, observation and measurement. Population catch was carried out in the Bay of Lake Titicaca at random. The sampling technique consisted of structured observation using a purse seine. To transfer them to the field, 1235 specimens with an average weight of 0,66 g and 6,6 cm total length were used. The selected individuals reached sexual maturity between 80-85%, the spawning period occurring from 10 to 11 months with a viability of 95%. The fertilized eggs were incubated under laboratory conditions for 20 days, reaching a percentage of 75% of larvae and fry of 90% about the percentage of larvae. It was concluded that experimentally accomplished reproductive management, allowed the reproduction of fingerlings.

Keywords: fry, reproductive management, and laboratory conditions control confinement in-situ, *Odontesthes bonariensis*, bay of Lake Titicaca, Puno-Peru.

RESUMEN

Actualmente, la población de *Odontesthes bonariensis* (pejerrey) en el lago Titicaca-Puno, se encuentra en peligro de extinción debido, entre otros factores, a la pesca indiscriminada, la cual ha traído limitaciones para el consumo de proteína de origen animal en la región. El Laboratorio Continental de Puno - Instituto del Mar del Perú, posee entre sus funciones, generar nuevas tecnologías que posibiliten el desarrollo sostenible, regional a partir del programa de seguridad alimentaria denominado "Programa de Cultivo de Pejerrey en el lago Titicaca". Para ello, se planteó como objetivo obtener de forma experimental alevines bajo manejo reproductivo en condiciones confinadas de campo y laboratorio de *Odontesthes bonariensis* procedentes de la

1 Laboratorio Continental de Puno-Instituto del Mar del Perú. Departamento de Puno-Perú.

a Área de Acuicultura. eyujra@imarpe.gob.pe; gamaru@imarpe.gob.pe

b Área de Limnología. cvillanueva@imarpe.gob.pe; hsiguayro@imarpe.gob.pe

c Área de Seguimiento de Pesquería. rchura@imarpe.gob.pe

2 Instituto del Mar del Perú. Departamento de Lima-Perú. msegura@imarpe.gob.pe

bahía del lago Titicaca en Puno-Perú. El estudio se desarrolló desde febrero de 2011 hasta febrero 2015. Se realizó una investigación con enfoque cuantitativo, aplicándose los métodos empíricos de experimentación, medición y observación. La captura poblacional se realizó en la bahía del lago Titicaca de forma aleatoria. La técnica de muestreo consistió en la observación estructurada mediante red de cerco. Para el traslado a condiciones de campo se utilizaron 1235 ejemplares con peso promedio de 0,66 g y longitud total 6,6 cm. Los individuos seleccionados alcanzaron una madurez sexual entre el 80-85 %, el periodo de desove ocurrió entre 10-11 meses con una viabilidad del 95%. Las ovas fecundadas fueron incubadas en condiciones de laboratorio durante 20 días, alcanzándose un porcentaje de larvas del 75 % y de alevines del 90 % con respecto al porcentaje de larvas. Se concluyó que el manejo reproductivo experimentalmente realizado, permitió la obtención de alevines.

Palabras clave: alevines, manejo reproductivo, condiciones confinadas de campo y laboratorio, *Odontesthes bonariensis*, bahía del lago Titicaca, Puno-Perú

Introducción

El aprovechamiento del recurso pesquero en el lago Titicaca ha sido una actividad milenaria, durante la cual se han empleado múltiples artes de pesca desde la tradicional con la “sajjaña” y “collancha” hasta las actuales redes agalleras altamente eficientes; sin embargo, están siendo empleadas en algunos casos sin control, lo que conjuntamente a la creciente demanda de los productos pesqueros son dos de los factores que han incidido en la disminución de varias poblaciones de peces como por ejemplo, *Orestias cuvieri*, *Orestias pentlandii*, *Trichomycterus rivulatus* y *Odontesthes bonariensis*.

Según Valenciennes (1839), la especie *Basilichthys bonariensis* localmente llamada “pejerrey”, es un *Atherinidae*, donde Lahille (1929), Fowler (1954) y de Buen (1959), corroboran de similar forma que es originario de los medios estuarios y fluviales argentinos, uruguayos y del sur brasileño desde bahía Blanca en el sur hasta el río Da Prata al norte.

Posteriormente, Loubens y Osorio (1991), mencionan que la especie *Odontesthes bonariensis* reconocida como pejerrey según la ficha taxonómica de Cappato y Ya-

nosky (2009), fue introducida al lago Titicaca entre el año 1955 y 1956, a través del río Desaguadero desde la laguna Poopo (Bolivia).

Una valoración significativa sobre la disminución de *Odontesthes bonariensis*, se puede observar en la serie histórica de capturas entre 1981 y 2011, donde Chura-Cruz, Cubillos, Tam, Segura y Villanueva (2013), mencionaron que *Odontesthes bonariensis* constituye la primera especie de importancia pesquera en el lago Titicaca, por lo que a consideración de los autores dicha disminución sigue evidenciándose dada la alta demanda del pejerrey en la región Puno, actualmente. De igual modo, puede referirse que el uso de redes con luz de malla entre 0,64 y 1,27 cm., ha afectado directamente el stock de los juveniles. Ante esta situación, el Laboratorio Continental de Puno-Instituto del Mar del Perú (IMARPE) tiene como una de sus funciones restablecer la biomasa poblacional de esta especie y para ello ha diseñado el “Programa de Cultivo de Pejerrey en el lago Titicaca”.

A nivel internacional, es bien reconocido que una de las principales preocupaciones en torno a la seguridad alimentaria, es la generación de fuentes ecológicas con alto valor

proteico que puedan desarrollarse bajo programas sostenibles locales, por lo que en el caso específico de los peces, constituyen un modelo excelente de suministro nutricional. En tal sentido, es importante destacar que no siempre se cuenta con las condiciones necesarias de manejo para garantizar comportamientos reproductivos que permitan no solo mantener las poblaciones en sus ambientes naturales, sino además responder a las demandas sociales de consumo.

El objetivo del presente trabajo fue obtener alevines bajo manejo reproductivo en condiciones confinadas de campo y laboratorio de *Odontesthes bonariensis* procedentes de la bahía del lago Titicaca en Puno-Perú.

Materiales y métodos

Ámbito de estudio

El estudio se desarrolló en dos jaulas flotantes (4,5 x 4,5 x 3,0 m), las cuales estuvieron ubicadas en las islas flotantes de los uros (bahía interior del lago Titicaca). Para ello, se midió durante febrero de 2011 hasta febrero 2015 en condiciones confinadas de campo como a nivel de laboratorio perteneciente al Área de Acuicultura del Laboratorio Continental de Puno - Instituto del Mar del Perú, las variables limnológicas definidas por el oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y la temperatura.

Población y muestra

La captura de juveniles se realizó de forma aleatoria en la zona de Ojherani (Bahía de Puno) con redes tipo “cerco” de tamaños de 4,0 a 7,0 cm. Los peces fueron trasladados en cubetas con agua del lago, a las cuales se

les suministró el oxígeno con aireadores para evitar la muerte por asfixia. Se trabajó con una muestra de 1235 ejemplares con peso promedio de 1,19 g y longitud total 6,6 cm. La biomasa total de individuos fue ubicada en una única jaula durante doce meses hasta alcanzar su madurez sexual, donde al término de ese tiempo, se procedió a la obtención en condiciones *in-situ*, de las ovas para su traslado al laboratorio finalmente.

Análisis de variables

La madurez sexual se midió según la escala empírica I a VIII reportada por Johansen y Hubbs (1924), según la Figura 1.

La proporción sexual utilizada para la fecundación correspondió a tres machos por cada una hembra.

En el caso de las ovas fecundadas, fueron incubadas en condiciones de laboratorio durante 20 días por el método seco descrito por Ringuelet (1943), donde menciona que las ovas aptas se reciben en un recipiente seco, al cual se le agrega el semen que debe ser distribuido y mezclado, homogéneamente, sobre las ovas con ayuda de una pluma de ave y/o cola del pez con movimientos circulares.

Posteriormente, se dejó reposar durante 5 a 10 minutos, lavándose luego varias veces con agua (en este caso de estudio procedente del lago) para luego ser colocadas en una incubadora las ovas fecundadas.

Para el análisis del porcentaje de larvas, el mismo se consideró según el número de ovas fecundadas; y en el caso porcentaje de alevines, se analizó de acuerdo con el número de larvas nacidas.

Maduración	Estado sexual	Machos	Hembras
Inmaduros	I Virgen	Los testículos son alargados y cilíndricos, transparentes a blanquecinos. Ocupan $\frac{1}{4}$ de la longitud de la cavidad corporal	Ovarios alargados y cilíndricos pero cortos de color rosado pálido a transparentes. Ocupan $\frac{1}{4}$ de la longitud de la cavidad corporal. No se observan óvulos a simple vista.
	II Inmaduro	Cilíndricos transparentes donde ocupan casi $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad corporal	Cilíndricos de color rosado donde ocupan casi $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad corporal.
Maduros	III Maduro virginal o reinicio de puesta	Aumento en peso y longitud, tibiamente de sección triangular, de color blanquecino y ocupan casi $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad corporal	Aumento en peso y longitud y son más consistentes. Ovocitos visibles donde ocupan casi $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad corporal.
	IV Desarrollando	Consistentes, rápido aumento en peso y longitud, ocupan casi $\frac{3}{4}$ de la longitud de la cavidad corporal, color blanco cremoso rojizo	Consistentes, rápido aumento en peso y longitud, ocupan casi $\frac{3}{4}$ de la longitud de la cavidad corporal, color anaranjado ovocitos visibles a simple vista.
	V Maduro o grávido	Turgentes, ocupan casi la totalidad del cuerpo, color blanco lechoso donde al presionarse el vientre se libera esperma.	Turgentes, ocupan casi la totalidad del cuerpo, color anaranjado, ovocitos hidratados y visibles a simple vista. Toda la gónada hialina. Al presionarse el vientre se libera óvulos.
Desovantes	VI Desovando	Ligeramente flácidos de color lechoso y sanguinolentos en el extremo posterior. Una leve presión del vientre es liberado significativamente el esperma	Ligeramente flácidos de color anaranjado y sanguinolentos en el extremo posterior. Ovocitos hidratados donde son fácilmente liberados al presionar el vientre.
Pos desovantes	VII Desovados	Flácidos, alargados, color blanco cremoso y el aspecto sanguinolento es menos evidente, al presionar el vientre no es liberado el esperma.	Flácidos, alargados, semejantes a sacos vacíos, color y rojo oscuro, ocupan $\frac{1}{2}$ de la longitud de la cavidad del cuerpo, se observan algunos ovocitos hidratados y blanquecinos remanentes.
	VIII Reposo o terminado	Alargados, ligeramente consistentes, color blanco cremoso-marrón, ocupan $\frac{1}{3}$ de la longitud de la cavidad corporal	Alargados, ligeramente consistentes, color amarillentos a rosados cremoso-marrón, ocupan $\frac{1}{3}$ de la cavidad corporal.

Figura 1. Escala de madurez para los reproductores totales.

Análisis de los datos

Para el análisis estadístico de los datos, se usó el programa profesional Statgraphics versión 5.1 (copyright: 1994-2001). Se utilizaron como estadígrafo descriptivo paramé-

trico de tendencia central la media aritmética para el análisis de la talla de madurez sexual y en relación con el porcentaje tanto para las larvas obtenidas de las ovas incubadas, así como la formación de alevines durante dos meses.

Resultados y discusión

La piscicultura del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) se inició en la ciudad de Chascomús en 1904 (Tulián, 1909) y a partir de ese momento comenzó un programa de siembra en diversos cuerpos de aguas provinciales, nacionales e internacionales debido a la gran importancia de su pesca comercial y deportiva (Bonetto & Castello, 1985), convirtiéndose en la especie de aguas continentales más emblemática, por ejemplo, en Argentina (López & García, 2001), por lo que será de extraordinaria relevancia, la implementación de programas sostenibles de reproducción que permita desde la captura responsable, la crianza de reproductores sanos para obtener una producción de alevines con doble propósito: remplazar y mantener la población en condiciones naturales, así como constituir una fuente de ingreso alimentaria.

Evaluación de la madurez sexual

Los individuos adultos, una vez ubicados en jaulas flotantes (Figura 2), fueron seleccionados y separados por sexo dado el criterio de identificación a través del poro genital (palpado ventral), donde las hembras una vez que están aptas para la reproducción se visualiza un abultamiento en la región ventral con presencia de epitelio protector en dicho poro genital. Para el caso de los machos, pueden presentar secreción de semen presionado su poro genital.



Figura 2. Jaula flotante de polipropileno para la crianza de *Odontesthes bonariensis*. Fuente: Laboratorio Continental de Puno - Instituto del Mar del Perú, 2013.

Es importante mencionar que para ambos sexos, la madurez sexual está relacionada con

la talla longitudinal, reportándose aproximadamente 14,0-23,4 cm. (Barros, Regidor e Iwaszkiw, 2004). Sin embargo, en la presente investigación se pudo observar que durante la primera madurez sexual los individuos midieron desde 17,0-19,0 cm, lo que pudiera interpretarse como un mecanismo etológico de adaptación a las condiciones naturales ambientales de confinamiento, significando que dicha adaptación está compensada con una madurez sexual precoz, probablemente al suministro *ad-livintum* de pienso peletizado (específico), además de copépodos y anfípodos como alimentos naturales.

Asimismo, pudo indicarse que la madurez sexual dadas las condiciones experimentales presentó un adelanto aproximado de dos meses en relación con lo reportado por (Instituto del Mar del Perú [IMARPE], 2008). Esto quizás estuvo dado por el patrón etológico alimentario, donde se aplicó inicialmente un tipo de aprendizaje por habituación durante tres meses con la especie *Onchorynchus mykiss* (trucha) y luego se siguió con el clásico-operante hasta su adaptación.

Evaluación de ovas fecundadas y formación de alevines

La reproducción es uno de los fenómenos más relevantes dentro del ciclo biológico de todo ser viviente. El ciclo sexual y la fecundidad de peces son parámetros importantes desde el punto de vista de la dinámica de poblaciones, así como lo es conocer la tasa de natalidad de una población, que es el número de nuevos individuos producidos por unidad de tiempo (Dománico & Freyre, 2008).

La fecundidad de peces que sufren extracción deportiva y comercial reviste gran importancia, ya que brindan información indispensable para comprender su dinámica poblacional. Por otro lado, el conocimiento del potencial reproductivo de estas especies hace factible la explotación racional de

las mismas (Cabrera & Mora, 1992). Para la fecundación de los huevos, el semen fue dispersado homogéneamente sobre el mayor número de ovas (Figura 3), las mismas fueron incubadas en condiciones de laboratorio durante 20 días, alcanzándose un porcentaje de larvas del 75 % con relación al total de ejemplares y alevines que fue del 90 % con relación al porcentaje de larvas y el tiempo transcurrido fue entre 15 a 20 días.



Figura 3. Fecundación de huevos. Fuente: Laboratorio Continental de Puno - Instituto del Mar del Perú, 2013.

En este estudio, el porcentaje de larvas alcanzado fue del 75%, siendo similar porcentualmente al 74.71% obtenido por Berasain, Colautti y Velasco (2000), quienes utilizaron reproductores en una relación de 1:1 y 0.91 machos por hembras, respectivamente. Sin embargo, es importante mencionar que si bien es cierto que con menor número de machos se logró un porcentaje relativamente aceptable, luego podrían verse limitados otros indicadores biológicos como, por ejemplo, el factor de condición biológica, dada el estrés en la presión de uso por los machos donde la calidad espermática puede resultar afectada.

Finalmente, es relevante lo que mencionó Miranda, Berasain, Velasco, Shirojo y Somoza (2006), quienes informaron que el control de la reproducción es esencial para la producción masiva de larvas y esto permitiría la independencia del medio silvestre,

la formación de plantales "domesticados" y la selección de caracteres deseables tales como velocidad de crecimiento, tolerancia a la manipulación y resistencia a las enfermedades, pero para el caso del pejerrey la producción masiva de larvas representó uno de los principales problemas que restringieron la expansión de la acuicultura de esta especie (Reartes, 1995).

Asimismo, González y Mastrarrigo (1948), comunicaron que los primeros datos sobre reproducción natural en cautiverio se remontan a la década del 40, pero Berasain et al. (2000) y Porcaro, Imeroni, Sanzani, Pettinato y D'Amico (2001) señalaron que es recién a partir de principios de la década de 1980 que se comenzaron a realizar los primeros trabajos de cultivo y a mantenerse reproductores en cautiverio para lograr desoves en condiciones naturales.

Sin embargo, según Miranda et al. (2006) las primeras experiencias con el fin de obtener en forma masiva ovas embrionadas a partir del mantenimiento de reproductores de pejerrey en cautiverio fueron realizadas en el marco del convenio entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Ministerio de Asuntos Agrarios (MAA) y la Comisión Nacional de Ciencia y Técnica (Conicet), dentro del proyecto denominado "Investigación y Desarrollo de la Acuicultura y propagación del pejerrey", realizado durante el 2002-2005.

Conclusiones

El manejo reproductivo de forma experimental que se realizó exploratoriamente de acuerdo al estado actual del conocimiento existente bajo condiciones confinadas de campo y laboratorio del Laboratorio Continental de Puno - Instituto del Mar del Perú, permitió la obtención de alevines.

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medioambiente "AMTAWI", en particular a su Director General Dr. George Argota Pérez por su asesoría metodológica en la investigación.

Referencias

- Anuario Científico Tecnológico. (2013). Instituto del Mar del Perú. Laboratorio Continental de Puno. Vol. 13; ISSN 1813-2103.*
- Barros, S. E., Regidor, H. & Iwaszkiw, J. (2004). Biología pesquera del Pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Cuvier y Valenciennes, 1835) en el subtrópico de Argentina. *Revista AquaTIC*, 20, 32-37.
- Berasain, G., Colautti D. & Velasco C. (2000). Experiencias de cría de pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, durante su primer año de vida. *Revista de Ictiología*, 8(1-2), 1-7.
- Bonetto A. A. & Castello, H. P. (1985). *Pesca y piscicultura en aguas continentales de América Latina* [Monografía No.31].
- Cabrera, J. & Mora, M. (diciembre, 1992). Fecundidad de *Cichlasoma dovii* (Pisces Cichlidae) en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 40(3), 345-346.
- Cappato, J. & Yanosky, A. (Eds.). (2009). *Uso sostenible de peces en la Cuenca del Plata. Evaluación Subregional del Estado de Amenaza, Argentina y Paraguay*. Paraguay: PROTEGER Ed.
- Chura-Cruz, R., Cubillos, L. A., Tam, J., Segura, M., & Villanueva, C. (2013). Relación entre el nivel del lago y la precipitación sobre los desembarques del PEJERREY *Odontesthes bonariensis* (VALENCIENNES, 1835) en el sector peruano del Lago Titicaca entre 1981 y 2010. *Ecología Aplicada*, 12(1), 19-28.
- De Buen, F. (1959). Los peces exóticos en las aguas dulces de Chile. *Investigaciones zoológicas chilenas*, 5, 103-137.
- Dománico A. & Freyre, L. (diciembre, 2008). Aspectos reproductivos del pejerrey patagónico (*Odontesthes hatcheri* Eigenmann, 1909) en el embalse Ezequiel Ramos Mexía (Argentina). *Revista MVZ Córdoba*, 13(3), 1446-1455.
- Fowler, H.W. (1954). *Os peixes de agua doce do Brasil* (4ª ed). Sao Paulo, Brasil: Arch. Zool. Est.
- González, T. & Mastrarrigo, V. (1948). *Piscicultura. El pejerrey*. Argentina: Ministerio Agricultura Nacional.
- Instituto del Mar del Perú (2008). *Anuario científico tecnológico IMARPE*. Recuperado del sitio de Internet de IMARPE: <http://bibliotecaimarpe.imarpe.gob.pe>
- Instituto del Mar del Perú (2013). *Anuario científico tecnológico IMARPE* (Vol. 13). Recuperado del sitio de Internet de IMARPE: <http://bibliotecaimarpe.imarpe.gob.pe>
- Johansen, A.C. & Hubbs, C. L. (1924). On the summer and autumn spawning herring of the North Sea. København, Dinamarca: C.A. Reitzel.
- Laille, F. (1929). El pejerrey. *Boletín del Ministerio de Agricultura de Buenos Aires*, 28(3), 261-395.
- López, H. L. & García M. L. (2001). Aspectos históricos e importancia del pejerrey bonaerense. En F. Grosman (Ed.), *Fundamentos biológicos, económicos y*

- sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey* (pp. 15-23). Argentina: Astyanax.
- Loubens G. & Osorio F. (1991). Especies introducidas: *Basilichthys bonariensis*. En C. Dejoux & A. Iltis (Eds.), *El Lago Titicaca: síntesis del conocimiento limnológico actual* (pp. 431-449). La Paz, Bolivia: OSTOM-HISBOL.
- Miranda L. A., Berasain, G. E., Velasco C. A. M., Shirojo, Y. & Somoza, G. M. (2006). Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell*, 30(1), 157-162.
- Porcaro, G., Imeroni J., Sanzano P., Pettinato H. & D'Amico E. (2001). Desove natural del pejerrey *Odontesthes bonariensis* en estanques mediante el uso de plantas naturales. En F. Grosman (Ed.), *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey* (pp. 65-67). Argentina: Astyanax.
- Reartes, J. (1995). *El pejerrey (Odontesthes bonariensis): métodos de cría y cultivo masivo* (Documento Ocasional No. 9). Roma: COPESCAL.
- Ringuelet, R. (1943). Desove artificial. En Autor, *Piscicultura del pejerrey o aterinicultura* (Vol. 6, pp. 49-56). Buenos Aires, Argentina: Suelo Argentino.
- Statgraphics Plus (Versión 5.1.) [Software de computación]. Virginia, Estados Unidos: Statpoint Technologies, Inc.
- Tulián, E. (1909). Piscicultura argentina. Sus comienzos: 1904-1909. *The Standard*, 1-7.
- Valenciennes, A. (1839). Quelques observations sur les Poissons que M. Pentland a rapportés du lac Titicaca et des autres points élevés des Andes. *L'Institut*, 7, 118.