

EVALUACIÓN DE MODELOS DE CRECIMIENTO EN DIFERENTES CONDICIONES DE CULTIVO DE PEJERREY (*Odontesthes bonariensis*)

P.J. SOLIMANO¹, J. GARCIA DE SOUZA², T. MAIZTEGUI², J.L. BAZZANI¹, C.R.M. BAIGÚN³ & D.C. COLAUTTI²

¹ Universidad Nacional de Río Negro. Sede Atlántica. Escuela de producción, tecnología y medio ambiente. Av. Don Bosco y Leloir s/n. Viedma CP: .8500. Autor de referencia

² Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet" (ILPLA) (CONICET - UNLP). Boulevard 120 y 62, CP: 1900 - CC: 712, La Plata, Bs. As., Argentina.

³ Instituto de Investigaciones Biotecnológicas-Instituto Tecnológico de Chascomús, (CONICET-UNSAM). Intendente Marino km. 8,200 (7130), Chascomús, Buenos Aires, ARGENTINA.

e-mail: patriciosolimano@yahoo.com.ar

ABSTRACT. The pejerrey is one of the most important temperate native freshwater species of Argentina. Its culture is mainly done intensively and in recent years is being developed in floating cages in several Pampean lakes under semi-intensive and extensive conditions. To evaluate the growth of fish under different culture methodologies several models are used, most of which are based on the specific growth rate (SGR). The objective of this study is to compare how the SGR of pejerrey responds under different culture methods and generate a theoretical model to predict the growth that the species can reach. To carry out the models a data base was made with the available data of intensive, extensive and semi-intensive culture, to which an exponential and polynomial models were adjusted by the method of least squares and then the expected growth was simulated using the model that better fits. From the results it was observed that the polynomial model presented the best fit to different methods of culture. In all cases the models reflected the seasonality in the growth rates exhibited by the species, where SGR was lowest in winter and highest in spring. The growth simulation models also show that the semi-intensive culture could produce greater weight than other methods. Under these conditions, fish obtain zooplankton from the environment incorporating essential elements from its natural food source. This suggests that it is possible to improve the sizes of fish by using techniques that also incorporate natural food or its equivalent in the composition of the artificial diets.

Key words: Intensive culture; semi-intensive culture; extensive culture; growth rate; polynomial growth model.

Palabras clave: Cultivos intensivos, semi-intensivo y extensivos; tasa de crecimiento; modelo de crecimiento polinomial.

INTRODUCCIÓN

El pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, es la especie nativa de mayor importancia socioeconómica que habita las aguas continentales de la Argentina (Thorton *et al.*, 1982; Bonetto y Castello, 1985; Reartes, 1995; Grosman y Sergueña, 1996; López y García, 2001; Somoza *et al.*, 2008). Su

reconocida importancia histórica como recurso pesquero comercial y deportivo, básicamente en la región pampeana (Baigún y Delfino, 2002; 2003), ha promovido el desarrollo de la piscicultura de poblamiento y repoblamiento de esta especie, fundamentalmente orientada a mantener el rendimiento de estas pesquerías.

Si bien se han probado diferentes métodos para el cultivo de la especie, en la actualidad se lleva a cabo principalmente mediante dos metodologías. La más utilizada es la acuicultura intensiva en tanques, con el fin de mantener reproductores y producir huevos y larvas que luego son sembrados en diferentes cuerpos de agua. La otra metodología es el cultivo en jaulas de manera extensiva y semi-intensiva (Colautti y Remes Lenicov, 2001; Colautti *et al.*, 2010; Garcia de Souza *et al.*, 2013), la cual aún se encuentra en etapa de desarrollo experimental y se perfila como una alternativa productiva a utilizar en lagunas pampásicas (Colautti *et al.*, 2010). En este trabajo, se define al cultivo extensivo cuando los peces dentro de la jaula se alimentan del zooplancton disponible en la laguna que ingresa libremente por la red de la jaula, mientras que en el cultivo semi-intensivo en jaulas, se define como aquel donde además del zooplancton a los peces se les suministra alimento balanceado. Esta práctica experimental presenta pocos estudios, donde la cantidad a otorgar de alimento y la densidad de siembra óptima puede encontrarse en Solimano (2013). Por último, la cría intensiva se realiza principalmente en tanques con agua salobre y con alimentación *ad-libitum* (Berasain *et al.*, 2000; Berasain *et al.*, 2001; Miranda *et al.*, 2006; Velasco *et al.*, 2008).

En el caso de que los peces se cultiven bajo diferentes métodos, el crecimiento puede ser comparado mediante el cálculo de tasas y la aplicación de modelos. Una de las tasas más utilizadas para estos fines es la tasa de crecimiento específica (TCE) que se expresa como:

$$\frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / (\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}) * 100}{\text{Ricker, 1979}}$$

Esta ecuación asume que el peso de los individuos aumenta de manera exponen-

cial. Sin embargo, esta premisa es válida solamente para peces de pequeño tamaño criados durante períodos cortos de tiempo (Hopkins, 1992). Más aun, mientras un organismo crece en tamaño, la tasa de su actividad metabólica disminuye (Brett, 1979; Brett y Groves, 1979; Jobling, 1994) y como resultado su tasa de crecimiento relativo disminuye. Los peces son animales ectotérmicos y por ende, la temperatura del agua afecta la tasa metabólica de los mismos. Así, mientras la temperatura aumenta también lo hace la tasa de crecimiento específico para una talla determinada, hasta llegar a una temperatura óptima para cada especie a partir de la cual, un incremento en la temperatura genera una disminución en la tasa de crecimiento (Brett, 1979; Jobling, 1994; Wootton, 1998).

Por esta razón, se han desarrollado diferentes modelos para evaluar el crecimiento de los peces. Uno de los modelos más utilizados para realizar esta comparación, cuando se trata de peces de diferente tamaño o bajo sistemas de cultivo diferentes, es el propuesto por Brett *et al.* (1969) y Elliot (1975), para salmónidos, y que Jobling (1983), generalizó para el resto de los peces, y responde al siguiente modelo:

$$\ln TCE_{(p)} = a + b * \ln \text{Peso}$$

Que puede simplificarse cancelando el ln en ambos términos y plantearse como:

$$TCE_{(p)} = a * \text{Peso}^b$$

Donde “b” es el exponente del peso y “a” es el logaritmo de la tasa de crecimiento de un pez de peso (p).

Para la mayoría de los peces el parámetro “b” parece mantenerse constante en torno de -0,4 (Jobling, 1983). Este valor, por un lado, expresa la desaceleración que presenta la TCE con respecto al aumento en peso, este descenso se mantiene constante si el crecimiento es cercano al máximo po-

sible para cada peso, por lo tanto las condiciones de cultivo tienen que ser las óptimas. Por medio de esta ecuación, Jobling (1983) plantea que se pueden comparar los valores de "a" para prácticas donde los peces no presenten pesos iniciales iguales, o para metodologías de cultivo diferentes. De este modo es posible sortear los problemas que presenta el TCE para la comparación de tratamientos y experimentos donde los pesos iniciales de los diferentes momentos comparados no son homogéneos.

Por otro lado, Jensen (1985) plantea que la temperatura ambiental, la cantidad de alimento y el tamaño de los individuos, son los tres principales factores que afectan el crecimiento de peces bajo cultivo. Al ser las jaulas flotantes sistemas de cría con alta dependencia del ambiente, tanto la disponibilidad de alimento natural como las fluctuaciones de temperatura, influyen sobre el desarrollo de los pejerreyes en cultivo (García de Souza *et al.*, 2013). En efecto, Talbot (1993) describe la influencia de la estacionalidad sobre la tasa de crecimiento TCE en ambientes templados y observa un comportamiento de la TCE siguiendo un patrón en el cual los valores más altos ocurren en primavera y verano y los más bajos en invierno. Es más, se ha observado que durante la vida del pez, las tasas vuelven a elevarse en las sucesivas primaveras, aunque sin alcanzar los máximos obtenidos en el ciclo anual previo. En estos patrones de crecimiento, la TCE es función del momento del año y del tamaño de los peces y sus variaciones asumen la forma de una función polinomial conforme la ecuación:

$$TCE_{(te)} = a \cdot X^2 + b \cdot X + c$$

En la que X puede ser tomada como la edad de los peces, donde se incluyen las dos variables del modelo de Talbot, ya que el momento del año depende de la fecha de nacimiento y se puede considerar que el ta-

maño aumenta continuamente a lo largo de la vida.

El planteo de ambos modelos es diferente, mientras el modelo de Brett *et al.* (1969), Elliott (1975) y Jobling (1983) asumen un descenso constante de la TCE a lo largo del tiempo sin considerar oscilaciones vinculadas a factores externos, el modelo planteado por Talbot, incorpora la influencia de factores externos que pueden afectar a la TCE a lo largo del tiempo.

El objetivo de este trabajo es, por un lado, comparar cómo se comporta la TCE en el pejerrey cuando es cultivado bajo diferentes métodos aplicando modelos de crecimiento y, por otro, desarrollar un modelo general de crecimiento para el pejerrey que contemple las limitaciones que presenta cada método de cultivo y que permita predecir el crecimiento teórico bajo los diferentes tipos de sistema de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo se confeccionó una base de datos donde se volcaron los resultados obtenidos en tres series de experimentos realizados por Solimano (2013). Los mismos corresponden a ensayos de cultivo semi-intensivo y de cultivo extensivo de pejerrey en jaulas flotantes, realizados durante marzo-septiembre (2009), junio-noviembre (2010) y diciembre-marzo (2011). Además, se incluyeron en la misma base de datos los resultados de trabajos sobre cultivo en jaulas de manera extensiva Colautti *et al.* (2008), Colautti *et al.* (2009), García de Souza *et al.* (2009), García de Souza *et al.* (2011), García de Souza *et al.* (2013) en dos lagunas diferentes (Lacombe y la Salada de Monasterio) que se llevaron a cabo del año 2008 al 2010, durante diferentes períodos de tiempo. Por último, se utilizaron los datos de cultivo intensivo realizados por Berasain *et al.* (2000), Berasain *et al.* (2001), Miranda *et al.* (2006) y Velasco

et al. (2008). Para los análisis comparativos se utilizó la información de peces con edades entre 80 a 330 días, ya que en este intervalo de edades es donde se encontraron solapados la mayoría de los datos disponibles.

A los pares de datos TCE-Peso y TCE-Edad media (Em) correspondientes a cada experimento se les ajustó el modelo exponencial propuesto por Jobling (1993) y el modelo polinomial propuesto por Talbot (1993) para peces criados en climas templados, mediante la utilización del software Statistica 6.0 por el método de mínimos cuadrados. La significancia aceptada para los parámetros de ajuste fue de 0,05. Cuando los dos modelos ajustaron significativamente a los datos se escogió el que presentó una suma de cuadrados menor.

La Em de los peces fue calculada de la siguiente manera:

$$Em = (Efp - Eip) / 2$$

donde Em es la edad media, Efp es la edad final del período evaluado y Eip es la edad inicial del periodo evaluado.

Tabla 1. Parámetros ajustados por el modelo exponencial, $TCE = a * W^b$.

Método	Extensivo		Semi-Intensivo		Intensivo	
	a	b	a	b	a	b
Valor estimado	1,34	-0,04	3,17	-0,57	4,51	-0,7
Error estándar	0,28	0,15	0,48	0,14	0,79	0,13
Valor de t	4,79	-0,27	6,67	-4,07	5,68	-5,51
Valor de p	0,00002*	0,79	0,00001*	0,001*	0,00001*	0,00001*
Límite de confianza inferior	0,78	-0,34	2,16	-0,86	2,88	-0,96
Límite de confianza superior	1,91	0,26	4,19	-0,27	6,15	-0,44
Sumatoria de cuadrados	No calculado		9,89		8,58	

Valores con * son significativos.

nimos de TCE entre los 200 y 250 días de edad, mostrando luego un claro incremento a partir de ese momento. El modelo obtenido para el sistema de cultivo intensivo también muestra un descenso progresivo de los TCE en función de la edad, que alcanza sus mínimos hacia los 200 días de edad pero no experimenta un incremento sensible hacia edades mayores (Fig. 1).

Con los modelos seleccionados se corrió una simulación partiendo de un pez hipotético de 1,5 g desde los 80 hasta los 330 días de edad. Se escogió este valor de peso y dicha ventana temporal por encontrarse ambos dentro de los rangos de los datos utilizados para los ajustes.

RESULTADOS

Los modelos exponenciales ajustados mostraron parámetros significativos (a y b), tanto para sistemas intensivos como semi-intensivos, y no mostraron un buen ajuste para el sistema de cultivo extensivo, ya que el parámetro b no fue significativo (Tabla 1).

Por el contrario, las funciones polinómicas presentaron ajustes significativos en todos los casos y además mostraron las sumatorias de cuadrados más bajas al compararlos con los modelos exponenciales (Tabla 2).

En la Fig. 1 puede observarse que tanto los sistemas de cultivo extensivo como semi-intensivo presentan una típica curva polinomial en forma de U con valores mí-

De este modo, la función polinomial obtenida por el sistema de cultivo intensivo es diferente a la obtenida por los otros dos métodos de cultivo evaluados, manifestando la TCE en este caso un comportamiento, en función de la edad, más afin al modelo de Jobling (considerando a la edad como un indicador indirecto del peso).

Tabla 2. Parámetros ajustados por el modelo polinomial, $TCE=a*Em^2+b*Em+c$.

Método	Extensivo			Semi-Intensivo			Intensivo		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Valor estimado	0,0001	-0,054	5,79	2E-04	-0,09	11,36	6E-05	-0,033	5,227
Error estándar	2E-04	0,01	0,73	6E-04	0,03	2,75	2E-04	0,01	0,7
Valor de t	5,36	-5,86	7,87	3,13	-3,38	4,13	3,3	-4,44	7,47
Valor de p	3E-06*	1E-06*	0*	0,007*	0,005*	0,001*	0,003*	0,0002*	0*
Límite de confianza inferior	8E-04	-0,07	4,3	6E-04	-0,15	5,46	2E-04	-0,05	3,78
Límite de confianza superior	1E-03	-0,04	7,26	3E-03	-0,03	17,26	1E-04	-0,02	6,67
Sumatoria de cuadrados	No calculado			9,44			5,55		

Valores con * son significativos.

Cabe destacar que para los primeros días los valores obtenidos por el sistema de cultivo semi-intensivo son los más altos y si bien para el período que va de los 170 a los 250 días de edad el sistema de cultivo intensivo fue el que obtuvo los mejores valores de TCE, a partir de ese punto los sistemas de cultivo en jaulas mostraron fuertes aumentos.

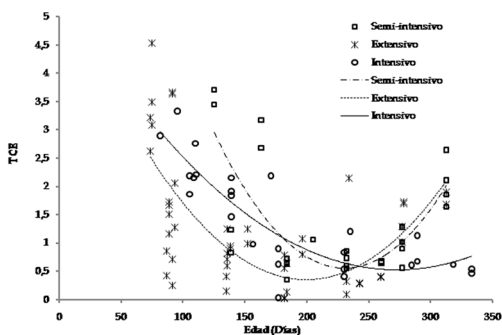


Figura 1. Tasa de crecimiento específico en función de la edad de los peces: TCE (%W/día) a las diferentes edades evaluadas, Extensivo n=48; Semi-intensivo n=26; Intensivo n= 26, con sus respectivas líneas polinomiales de tendencia

Las simulaciones corridas considerando los TCE teóricos correspondientes a cada sistema de cría, muestran que bajo el sistema de cultivo semi-intensivo se podrían obtener peces con un peso de 128,7 g mientras que bajo cultivo extensivo se podría alcanzar un peso de 34,5 g. Los menores valores obtenidos pertenecen al cultivo intensivo con un peso calculado de 24,2 g (Fig. 2).

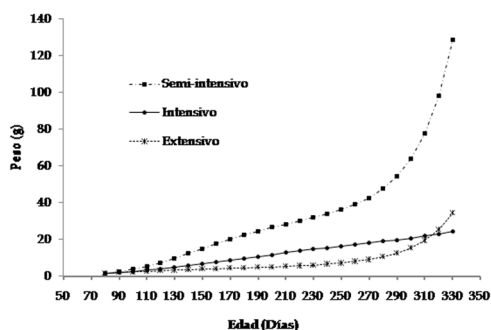


Figura 2. Pesos estimados por edad para cada uno de los modelos polinomiales ajustados.

DISCUSIÓN

Los diferentes modelos planteados mostraron que los cambios en la tasa de crecimiento específico del pejerrey, bajo los distintos sistemas de cultivo evaluados, pueden ser descriptos como función de la edad, a partir de un modelo de tipo polinomial. Esto es común para la mayoría de los peces de climas templados (Talbot, 1993) debido a la influencia que las fluctuaciones ambientales estacionales presentes en este tipo de ambientes ejercen sobre el crecimiento.

No obstante, la edad en este caso covaría con la estacionalidad ya que los peces de todos los experimentos evaluados nacieron en primavera o a comienzos del verano. Por esto a partir de los 100 días de edad se empieza a observar un descenso en los valores de TCE que se relaciona con el comienzo de la estación desfavorable para el crecimiento de los peces, vinculada al descenso de la temperatura, que trae aparejado la dismi-

nución de la producción de los cuerpos de agua pampeanos (Quirós *et al.*, 2002; Claps *et al.*, 2004; Torremorel *et al.*, 2008). Este efecto negativo se puede apreciar en la Fig. 1 y se mantiene hasta aproximadamente los 270 días de edad de los peces.

Antes de los 270 días de edad aproximadamente, en el caso de los cultivos en jaulas, se observa un fuerte incremento de la TCE coincidiendo con el inicio de la primavera y el restablecimiento de las condiciones ambientales favorables de temperatura y producción lagunar. Resulta evidente entonces que para los sistemas que tienen mayor dependencia del ambiente, como las jaulas, las condiciones de primavera y verano resultan óptimas para el cultivo. Si bien los cambios en la temperatura y la producción ya han sido identificados como clave para el crecimiento de los peces en climas templados (Talbot, 1993), en el caso del pejerrey cultivado en jaulas flotantes en lagunas, se puede observar que es posible alcanzar tasas de crecimiento nunca antes registradas para el cultivo de esta especie, pero que si se encuentran en ambientes naturales (Espinach Ros *et al.*, 1998; Espinach Ros y Dománico, 2006; Freyre *et al.*, 2008). Por lo tanto es extremadamente relevante para esta práctica de cultivo aprovechar las condiciones ambientales favorables que ocurren en primavera.

Por otro lado, las TCE obtenidas en el sistema de cultivo intensivo, también presentaron mejores ajustes a una función polinomial, indicando la existencia de cierta influencia de factores externos estacionales sobre el crecimiento. Entre estos los de mayor relevancia podrían ser la temperatura ya que en los cultivos intensivos considerados fluctuó entre 10 y 22,9 °C y el fotoperiodo que, dada su influencia sobre el control hormonal (Sumpter, 1992; Talbot, 1993), podría inducir estacionalidad al crecimiento (Hogman, 1968; Pálsson *et al.*, 1992). De

este modo, aunque bajo el sistema intensivo los peces parecen captar la estacionalidad del medio, ésta solo se expresa como una leve mejoría en la TCE en la segunda primavera ya que estaría atenuada por las condiciones de cultivo que en este momento del año no le permitiría a los peces expresar su potencial máximo de crecimiento como ocurre en el cultivo en jaulas.

Los modelos de simulación de crecimiento corridos muestran que el sistema de cultivo semi-intensivo podría producir los peces de mayor peso. Este modelo deja en claro la importancia de la segunda primavera para capitalizar las verdaderas ventajas del cultivo en jaulas. Es más, el resultado de las simulaciones, permite formular la hipótesis de que es posible obtener, aplicando el método de cultivo semi-intensivo, ejemplares aptos para la comercialización en el término de un año, reduciendo de este modo en un año los pronósticos sobre el crecimiento de la especie en cautiverio bajo cultivo intensivo (Somoza *et al.*, 2008). De todas maneras, no podemos dejar de considerar que al correr el modelo, las TCE correspondientes a cada edad obtenida en los experimentos se aplicaron sobre tamaños de peces “teóricos” diferentes y mayores a los que arrojaron dichas tasas. Por esta razón, el modelo tendería a sobreestimar los valores de peso para las edades altas. No obstante las TCE logradas indican que la especie puede desarrollar un crecimiento superior al estimado previamente si se aplican pautas de manejo similares a las planteadas por Solimano (2013).

En el caso del cultivo semi-intensivo y extensivo, la mayor ventaja estaría dada por el acceso al zooplancton que los peces obtienen del entorno, ya que los dos sistemas utilizan esta fuente de alimentación y presentan las mayores tallas predichas por el modelo. Si se toma en cuenta que este es su alimento natural (Freyre *et al.*,

2009; Diovisalvi *et al.*, 2010), se puede deducir que el zooplancton posee los requerimientos nutricionales que el pejerrey necesita. Es así que toma relevancia el hecho de que no exista en el mercado un alimento formulado para el pejerrey (Gómez-Requeni *et al.*, 2012), y que el alimento utilizado para la cría de esta especie, en su mayoría sea el formulado para trucha que evidentemente no satisface por completo los requerimientos del pejerrey, al menos para permitirle expresar al máximo su tasa de crecimiento. En este contexto el alimento balanceado que se proporciona en condiciones semi-intensivas, sería consumido como energía extra, generándose de este modo una sinergia, entre el zooplancton y el balanceado, que favorecería el crecimiento. Este efecto ya fue observado en tilapias (*Oreochromis niloticus*) por varios autores (Green 1992; Diana *et al.*, 1994; Tacon y De Silva, 1997; Waidbacher *et al.*, 2006).

Los resultados de este trabajo demuestran que la acuicultura de esta especie puede ser mejorada a partir de lograr que la especie exprese su máximo potencial de crecimiento, lo que no es posible de lograr mientras los sistemas de cría intensivos utilicen alimentos que no se adecuan a los requerimientos propios de esta especie zooplanctófaga.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Susana Sampietro, por su aporte durante los trabajos con las jaulas y al espacio cedido en la Laguna la Salada de Monasterio. A todo el personal de la estación Hidrobiológica de Chascomús por los pejerreyes con los que se realizaron los experimentos. Este estudio fue realizado gracias al apoyo financiero de los subsidios CONICET (PIP 5442 y 0259) y ANPCyT (PICT 2005/38352 y 2010/1579).

BIBLIOGRAFÍA

- Baigún, C. y R. Delfino. 2002. Sobre ferrocarriles, lagunas y lluvias: características de las pesquerías comerciales de pejerrey en la cuenca del río Salado (Prov. Buenos Aires). *Biología Acuática*, 20: 12-18.
- Baigún, C. y R. Delfino. 2003. Assessment of social and economic issues as management tools for summer pejerrey recreational fisheries in Pampean Lakes (Argentina). *Journal of Lakes and Reservoir Management*, 19: 242-250.
- Berasain, G., D. Colautti y M. Velasco. 2000. Experiencias de cría de pejerrey *Odontesthes bonariensis* durante su primer año de vida. *Revista de Ictiología*, 8: 1-7.
- Berasain, G., C. Velasco y D. Colautti. 2001. Experiencias de cultivo intensivo de larvas, juveniles y reproductores de pejerrey *Odontesthes bonariensis*. En: F. Grosman (Ed.) *Fundamentos biológicos económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey*, Astyanax, Azul: 33-40.
- Bonetto, A.A. y H.P. Castello. 1985. Pesca y piscicultura en aguas continentales de América Latina. Monografía O.E.A. *Biología*: 118 pp.
- Brett, J.R., J.E. Shelbourn y C.T. Shoop. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26: 2363-2394.
- Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. En: W. S. Hoar, D. J. Randall y J. R. Brett. (Eds.) *Fish Physiology*, Volume VIII, Academic Press, London: 599-675.
- Brett, J.R. y T.D.D. Groves. 1979. Physiological energetics. En: Hoar, W.S., D.J. Randall y J.R. Brett (eds.) *Fish Physiology*, Volume VIII, Academic Press, London: 279-352.

- Claps, M.C., N.A. Gabellone y H.H. Benítez. 2004. Zooplankton biomass in an eutrophic shallow lake (Buenos Aires, Argentina): spatio-temporal variations. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 40(3): 201-210.
- Colautti, D. y M. Remes Lenicov. 2001. Cría y engorde de larvas y juveniles de pejerrey en jaulas. En: Grosman, F. (Ed.) *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para la correcta gestión del recurso pejerrey*, Astyanax, Azul: 53-61.
- Colautti, D., J. García, P. Solimano y P. Carriquiriborde. 2008. Relación entre la composición y abundancia del zooplancton con la producción de juveniles de pejerrey, *Odontesthes bonariensis* en dos lagunas pampásicas. IV Congreso Argentino de Limnología, Bariloche, 26 al 30 de octubre.
- Colautti, D.C., J.R. Garcia de Souza, P.J. Solimano, T. Maiztegui y C.R.M. Baigún. 2009. Influencia de la estacionalidad ambiental sobre el cultivo extensivo de juveniles de pejerrey *Odontesthes bonariensis* en lagunas pampeanas. II Conferencia Latinoamericana sobre el cultivo de especies nativas, Chascomús, 2 y 3 de noviembre.
- Colautti, D.C., J.R. Garcia de Souza, L. Balboni y C.R.M. Baigún. 2010. Extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow pampean lake in Argentina. *Aquaculture Research*, 41: 376-384.
- Diana, J.S., C.K. Lin y K. Jaiyen. 1994. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25: 497-506.
- Diovisalvi, N., G. Berasain, F. Unrein, D.C. Colautti, P. Fermani, M.E. Llamas, M.E. Torremorel, L. Lagomarsino, G. Perez, R. Escaray, J. Bustingory, M. Ferraro y H. Zagarese. 2010. Chascomús: estructura y funcionamiento de una laguna pampeana turbia. *Ecología Austral*, 20: 115-127.
- Elliot, J.T.M. 1975. The growth rate of brown trout fed on maximum rations. *Journal of Animal Ecology*, 44: 805-821.
- Espinach Ros, A., A. Dománico y G. Seigneur. 1998. Piscicultura extensiva del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Pp: 51-52. 1er Taller integral sobre el recurso Pejerrey en la Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.
- Espinach Ros, A. y A. Dománico. 2006. Growth of argentine silverside (*Odontesthes bonariensis*) stocked at low densities in two oligohaline shallow lakes (Buenos Aires province, Argentina.). *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 18: 75-80.
- Freyre, L.R., M.E. Maroñas, E.D. Sendra y A.A. Dománico. 2008. Dinámica de la biomasa poblacional para evaluar el uso de los indicadores de la performance de crecimiento en el pejerrey *Odontesthes bonariensis*. *Biología Acuática*, 24: 17-20.
- Freyre, L.R., D.C. Colautti, M.E. Maroñas, E.D. Sendra y M. Remes Lenicov. 2009. Seasonal changes in the somatic indices of the fresh water silverside, *Odontesthes bonariensis* (Teleostei, Atheriniformes) from a neotropical shallow lake (Argentina). *Brazilian Journal of Biology*, 69: 389-395.
- Garcia de Souza, J.R., P.J. Solimano, T. Maiztegui, C.R.M. Baigún y D.C. Colautti. 2009. Selectividad alimentaria en post-larvas de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) criadas bajo régimen de cultivo extensivo. II Conferencia sobre el cultivo de peces nativos, Chascomús, 2 y 3 de noviembre.
- Garcia de Souza, J.R., P.J. Solimano, C.R.M. Baigún y D.C. Colautti. 2011. Efecto de la densidad de cría de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en el cultivo extensivo en jaulas flotantes (Buenos Aires, Argentina). III Conferencia sobre el cultivo de peces

- nativos. III Conferencia Brasileira sobre el cultivo de especies nativas, Lavras, 13 al 15 de julio.
- García de Souza, J.R., P.J. Solimano, T. Maiztegui, C.R.M. Baigún y D.C. Colautti. 2013. Effects of stocking density and natural food availability on the extensive cage culture of pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) in a shallow Pampean lake in Argentina. *Aquaculture Research*, DOI:10.1111/are.12286.
- Gómez-Requeni, P., M.N. Kraemer y L.F. Canosa. 2012. Regulation of somatic growth and gene expression of the GH-IGF system and PRP-PACAP by dietary lipid level in early juveniles of a teleost fish, the pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Journal of Comparative Physiology B*, 182: 517-530.
- Green, B.W. 1992. Substitution of organic manure for pelleted feed in production of tilapia. *Aquaculture*, 101: 213-222.
- Grosman, F. y S. Sergueña. 1996. Parámetros biológicos y sociales de una pesquería deportiva de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Actas de las VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Santa Rosa, 8 pp.
- Hogman, W.J. 1968. Annulus formation on scales of four species of coregonids reared under artificial conditions. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25: 2111-2112.
- Hopkins, K.D. 1992. Reporting fish growth: a review of the basics. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(3): 173-179.
- Jensen, J.W. 1985. The potential growth of salmonids. *Aquaculture*, 48: 223-231.
- Jobling, M. 1983. Growth studies with fish overcoming the problems of size variation. *Journal of Fish Biology*, 22: 153-157.
- Jobling, M. 1993. Bioenergetics: feed intake and energy partitioning. En: J. C. Rankin y F. B. Jensen (Eds.) *Fish Ecophysiology*, Chapman Hall, London: 1-44.
- Jobling, M. 1994. *Fish bioenergetics*. Ed. Chapman y Hall, London, 300 pp.
- López, H.L. y M.L. García. 2001. Aspectos históricos e importancia regional del pejerrey bonaerense. En: Grosman, F. (Ed.) *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para la correcta gestión del recurso pejerrey*, Astyanax, Azul: 8-18.
- Miranda, L.A., G.E. Berasain, C.A. Velasco, Y. Shirojo y G.M. Somoza. 2006. Natural spawning and intensive culture of pejerrey *Odontesthes bonariensis* juveniles. *Biocell*, 30(1): 157-162.
- Pálsson, J.O., M. Jobling y E.H. Jorgensen. 1992. Temporal changes in daily food intake of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L., of different sizes monitored by radiography. *Aquaculture*, 106: 51-61.
- Quirós, R., A.R. Renella, M.B. Boveri, J. Rosso y A. Sosnovky. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral*, 12: 175-185.
- Reartes, J.L. 1995. El pejerrey (*Odontesthes bonariensis*): Métodos de cría y cultivo masivo. COPESCAL (FAO) Documento ocasional 9: 35 pp.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. En: Hoar, W.S., D.J. Randall y J.R. Brett (eds.). *Fish Physiology*, Volume VIII, Academic Press, London: 677-743.
- Solimano, P.J. 2013. Desarrollo de un sistema de cría semi-intensiva para producción de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) en jaulas flotantes. Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata, Argentina.
- Somoza, G.M., L.A. Miranda, G.E. Berasain, D.C. Colautti, M. Remes Lenicov y C.A. Strüssmann. 2008. Historical aspects, current status and prospects of pejerrey aquaculture in South America. *Aquaculture Research*, 39: 784-793.

- Sumpter, J.P. 1992. Control of growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100: 299-320.
- Tacon, A.G.J. y S.S. De Silva. 1997. Feed preparation and feed management strategies within semi-intensive fish farming systems in the tropics. *Aquaculture*, 151: 379-404.
- Talbot, C. 1993. Some aspects of the biology of feeding and growth in fish. *Proceedings of the nutrition society*, 52: 403-416.
- Thorton, R., N.V. Dangavs, D. Freggiaro, A. Strelsik, C. García, L. Freyre, M.A. Gariboglio, J. Frangi y H.A. Toscani. 1982. Los ambientes lagunares de la Pcia. de Buenos Aires. Documento relativo a su conocimiento y manejo. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata, 55 pp.
- Torremorell, A., M.E. Llames, G.L. Pérez, R. Escaray, J. Bustingorry y H. Zagarese. 2008. Annual patterns of phytoplankton density and primary production in a large, shallow lake: the central role of light. *Freshwater Biology*, 54: 437-449.
- Velasco, C.A., G.E. Berasain y M. Ohashi. 2008. Producción intensiva de juveniles de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Biología Acuática*, 24: 53-58.
- Waidbacher, H., D.M. Liti, M. Fungomeli, R.K. Mbaluka, J.M. Munguti y M. Straif. 2006. Influence of pond fertilization and feeding rate on growth performance, economic returns and water quality in a small-scale cage-cumpond integrated system for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 37: 594-600.