

Tolerancia térmica de dos cíclidos neotropicales sudamericanos *Rocio octofasciata* (Regan, 1903) y *Australoheros facetus* (Jenyns, 1842).

SS. E. GÓMEZ[†] Y A.V. VOLPEDO^{1*}

[†] Universidad de Buenos Aires. CONICET. Instituto de Investigaciones en Producción Animal (INPA)/ Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA-UBA) Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280. CP C1427CWO CABA, Argentina.

E-mail: avolpedo@fvet.uba.ar

*Autor para correspondencia: **Alejandra V. Volpedo**

ABSTRACT. Temperature is one of the key environmental conditions for fish distributional range, since it can restricts or expand fish habitat. Sudden environmental temperature change could be the cause of important fish mortalities and could modify aquatic community's structure. This work studied ability for temperature acclimation and the critical thermal maximum of a tropical fish species *Rocio octofasciata* and the subtropical fish species *Australoheros facetus*. A total of eighteen experiments with 87 specimens (n: 54 for *R. octofasciata* and n:33 for *A. facetus*) has been performed using critical thermal maximum technique. The lethal temperature values and loss of equilibrium temperatures were identified for both species. Results suggested that *R. octofasciata* could acclimated at temperature between 10 and 35°C, while *A. facetus* at temperatures between 9,5 and 35°C. Loss of equilibrium temperature was established for *R. octofasciata* between 33,80 and 43,03°C and for *A. facetus* between 35,55 and 38,06°C, while lethal temperature was determined between 36,62 and 43,80°C for *R. octofasciata* and between 37,70 and 39.98°C for *A. facetus*.

Keywords: Acclimatization, cichlids, critical thermal maximum, South America.

RESUMEN. La temperatura es una de las condiciones ambientales clave para los peces, ya que permite ampliar o restringir el uso de un área determinada. Cambios repentinos de temperatura ambiental pueden provocar considerables mortalidades, o alterar a las comunidades acuáticas. En este trabajo se evalúa la capacidad de aclimatación y el máximo térmico crítico de una especie tropical *Rocio octofasciata* y otra especie subtropical *Australoheros facetus*. Se realizaron 18 experimentos con un total de 87 ejemplares (n= 54 de *R. octofasciata* y n= 33 de *A. facetus*) mediante técnicas de máximo térmico crítico. Se identificaron los valores de temperatura de muerte y temperatura de pérdida de equilibrio para ambas especies. Los resultados sugieren que *R. octofasciata* podría aclimatarse a temperaturas entre 10 a 35 °C, mientras que *A. facetus* a temperaturas entre 9,5 a 35 °C. La temperatura de pérdida del equilibrio de *R. octofasciata* es 33,80°C - 43,03 °C y para *A. facetus* entre 35,55 °C - 38,06 °C mientras que la temperatura de muerte se determinó entre 36,62 y 43,80 °C para el *R. octofasciata* y entre 37,70 y 39,98 °C para *A. facetus*.

Palabras Clave: Aclimatación, cíclidos, tolerancia térmica, Sudamérica.

INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los factores claves para la distribución de los peces, ya que permite ampliar o restringir el uso de un área determinada (Cussac *et al.*, 2009). Pueden promoverse significativas mortalidades por cambios térmicos rápidos en el ambiente (Gonzalez Naya *et al.*, 2011; Rouyer *et al.*, 2014), o alteraciones en las comunidades acuáticas (Bates *et al.*, 2014; Hein *et al.*, 2014).

La temperatura de pérdida de equilibrio es un muy buen indicador de los signos de stress en peces silvestres como en especímenes en cautiverio (Chiparri-Gomes *et al.*, 1999; 2000).

El comportamiento de la tolerancia térmica de las especies es una característica fisiológica importante que influye en las posibilidades de adaptación o no a un nuevo ambiente o sobrevivir en el mismo cuando han cambiado las condiciones. El análisis de la tolerancia de los peces a altas temperaturas se desarrolla con distintas técnicas desde el inicio del siglo XX (Hathaway, 1927; Fry, 1971), siendo la temperatura de aclimatación una variable importante. Los peces tienen la particularidad de variar sus límites de mortalidad dependiendo de la temperatura de aclimatación (Brett, 1946).

Los estudios sobre la tolerancia térmica de especies comerciales destinadas para el consumo humano u ornamental son escasos (Barrionuevo & Fernandes, 1995; Currie *et al.*, 1998; Dioni & Reartes, 1975; Gómez, 1996; 2014; Rossi *et al.*, 2017) y debieran extenderse a otras especies.

Los peces de ambientes tropicales y subtropicales tienen diferentes capacidades de aclimatación frente a los cambios en las condiciones ambientales por ejemplo el aumento de la temperatura producto del cambio climático. Estos cambios pueden generar modificaciones en la distribución de las especies como la observada en peces del noroeste por Volpedo y Thompson (2016). En este sentido en el presente trabajo se evalúa la capacidad de aclimatación y el máximo térmico crítico de dos cíclidos sudamericanos, una especie tropical *Rocio octofasciata* (Regan, 1903) y otra subtropical *Australoheros facetus* (Jenyns, 1842) que tienen similares formas de vida.

Rocio octofasciata se distribuye en la zona tropical y es una especie nativa de la vertiente

atlántica del sur de México (río Papaloapán, Veracruz) y América Central (Belice, Guatemala y Honduras) que fue introducida en América del Norte, Australia y Tailandia (Conkel, 1993). La temperatura media anual en la zona tropical es de 23°C, con temperatura promedio máxima y mínima de 32° y 13°C, respectivamente (Menni, 2004). Esta especie es ornamental, muy popular por su colorido, comportamiento y fácil reproducción. Es omnívora, alimentándose de ácaros, cladóceros, quironómidos y algas filamentosas (Valtierra-Vega & Schmitter-Soto, 2000), aunque autores como Froese & Pauly (2017) la señalan como carnívora. En cautividad se alimenta fácilmente con anélidos y pequeños ciprinodontiformes vivos. El conocimiento de su biología y ecofisiología proviene en general de observaciones y de su cultivo como especie ornamental (Frey, 1961; Axelrod *et al.*, 1998).

Australoheros facetus es una especie subtropical, nativa de la "Pampasia" (Menni, 2004). Habita llanuras de Argentina entre los 33° y 39° S. En esta zona la temperatura media anual oscila entre 13 y 17°C, con mínimos y máximos promedios de 9 y 25°C, respectivamente (Menni, 2004). Esta especie se introdujo en la Península Ibérica en 1940 (Almaça, 1995; Doadrio, 2001; Ribeiro *et al.*, 2007). Es posiblemente el cíclido más austral del mundo y tiene valor ornamental internacional (Řičan & Kullander, 2006). En Argentina es muy popular en acuarismo (Gómez *et al.*, 1994), además, se lo utiliza como un animal de laboratorio en estudios eco-toxicológicos (Bulus Rossini & Ronco, 2004; Eissa *et al.*, 2010) y fisiológicos (Bacchetta *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2007; 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los especímenes de *A. facetus* (N= 33) fueron capturados en la laguna Chascomús (35° 34' S, 58° 01' W) con artes de pesca permitidas. Los ejemplares de *R. octofasciata* (N = 54) fueron adquiridos en diferentes granjas de peces ornamentales. Se registró la longitud estándar (LS) en mm, el rango de tallas para *A. facetus* fue de 29-56 mm y para *R. octofasciata* de 20-49 mm. Se desarrollaron 18 experimentos. Los peces se aclimataron, en grupos de cuatro, cinco o seis individuos a una temperatura constante (temperatura de aclimatación = TA) y el ajuste de la temperatura de aclimatación fue 1°C/ 1

día (Brett, 1946). La temperatura de los acuarios se mantuvo con dos resistencias eléctricas y un regulador de corriente.

El experimento se llevó a cabo con la introducción de cada espécimen en una cámara de vidrio de 20 L de capacidad y a la misma temperatura que la aclimatación. La temperatura de la cámara fue homogénea y se mantuvo con aireación adecuada producida por una bomba de 300 L/hora de capacidad. Durante el experimento la temperatura se incrementó hasta alcanzar la temperatura de "pérdida del equilibrio" (LET).

Se registró la temperatura de pérdida de equilibrio individual y la temperatura de muerte de cada pez. La LET fue el punto donde los peces perdieron la capacidad de permanecer en posición vertical dorsoventralmente y no pudieron recuperarse. Esta temperatura estuvo precedida por un comportamiento de balanceos y espasmos musculares. El punto donde el movimiento opercular cesó se consideró como el punto de muerte, este momento fue precedido por el colapso de la tensión muscular y latidos operculares lentos o rápidos (Becker & Genoway, 1979).

La LET se calculó como el promedio aritmético de los valores de la temperatura individual de pérdida de equilibrio y el DT es el promedio aritmético de los valores de temperatura individual de la muerte. El ATV se define como el cambio en la LET por grado de temperatura de aclimatación (AT).

Se calculó la diferencia en DT-LET. Los resultados fueron analizados estadísticamente aplicando técnicas de regresión y correlación

(Sokal & Rohlf, 1995). La temperatura de aclimatación se consideró como una variable independiente (Brett, 1946) y la LET como una variable dependiente. En cada caso se ajustó a una relación logarítmica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor de la temperatura de aclimatación afecta el valor de la LET y DT en ambas especies (Figuras 1 y 2). El rango de temperatura de pérdida de equilibrio para *R. octofasciata* (LET) es 33,80°C - 43,03°C, siendo el rango de DT del mismo orden de magnitud (36,62°C - 43,80°C). El valor de DT-LET disminuye con el aumento de temperatura de aclimatación por lo cual peces que fueron expuestos a las temperaturas más altas de aclimatación presentaron menores diferencias entre LET y DT. En el caso de *A. facetus* los resultados son similares a los de *R. octofasciata*, mostrando que a una mayor AT hay un incremento de LET and DT (Figura 2).

El rango de LET para *A. facetus* el rango es 35,55°C - 38,06°C, mientras que el de DT es de 37,70°C - 39,98°C. Los valores DT-LET de *A. facetus* disminuyen con el aumento de la temperatura de aclimatación.

Rocio octofasciata presenta una tolerancia térmica mayor que *A. facetus* (Figura 1) al ser sometido a temperaturas de aclimatación superiores a 15°C. El ATV es 0,404°C. En *A. facetus* el ATV era menor que 0,02°C.

El análisis de regresión muestra la presencia de una relación positiva con un muy buen ajuste ($R^2 > 0,93$ *R. octofasciata* y $R^2 > 0,85$

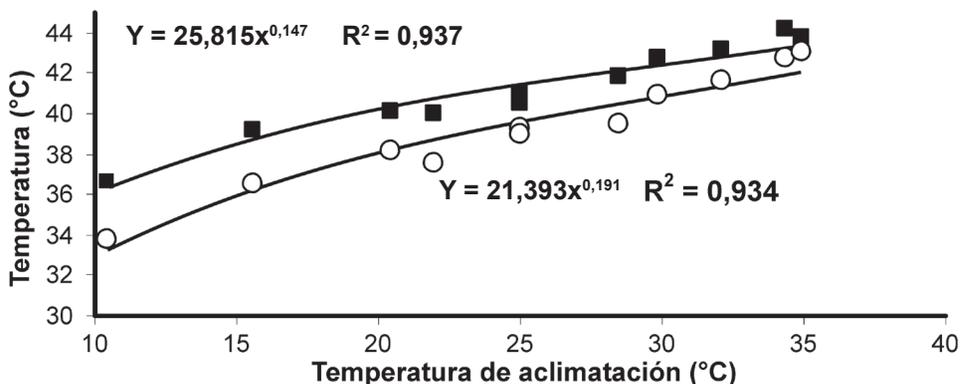


Figura 1. *Rocio octofasciata*: relación entre la temperatura de aclimatación, temperatura de muerte (DT: cuadrados) y la temperatura de pérdida de equilibrio (LET: círculos).

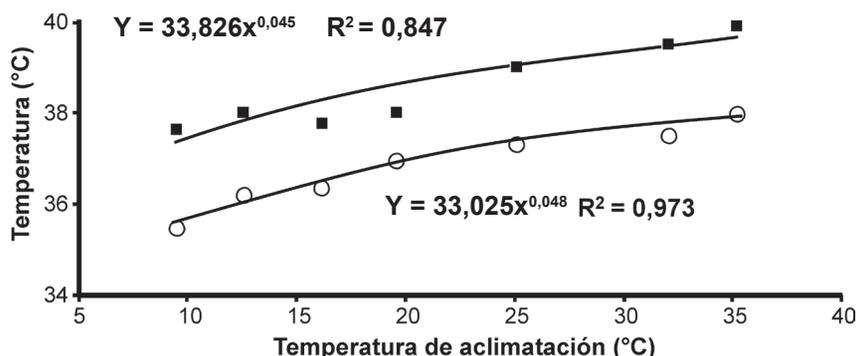


Figura 2. *Australoheros facetus*: relación entre la temperatura de aclimatación, temperatura de muerte (DT: cuadrados) y la temperatura de pérdida de equilibrio (LET: círculos).

para *A. facetus* entre el DT y el LET en relación con el AT (Figura 1 y 2).

Al comparar la relación entre el AT y el DT de ambas especies (Figura 3) se observa que la especie tropical *R. octofasciata* tiene una mayor capacidad para soportar altas temperaturas de DT que la especie subtropical *A. facetus*.

La tolerancia a elevadas temperaturas en la mayoría de los peces es una característica común lo que les permite sobrevivir ante un fenómeno climático extremo (Currie *et al.*, 1998).

Los peces mantienen características eco-fisiológicas propias de su lugar de origen como fue demostrado por Carveth *et al.* (2006) al trasplantar peces de aguas templadas a ambientes con aguas frías ya que los especímenes continuaron manteniendo un límite térmico superior de resistencia a las altas temperaturas que los especímenes de aguas frías. La LET está directamente asociada

a la temperatura de la zona de origen y a la temperatura de aclimatación (Tabla 1).

Las especies tropicales que se aclimataron a temperaturas mayores a 30°C alcanzaron LET > 40°C, sin embargo las especies subtropicales que se aclimataron a temperaturas entre 20°C y 30°C alcanzaron valores máximos de LET aproximadamente de 40°C (Tabla 1). El incremento de AT provoca un aumento de la LET y el DT. Este incremento no es lineal y a diferencia de los peces pampásicos estudiados por Gómez (1996, 2014) es poco evidente con altas temperaturas de aclimatación. Los peces que habitan en las capas superficiales de la columna de agua tienen un LET mayor que peces asociados al fondo.

La DT de *R. octofasciata* es similar a la de otras especies de peces tropicales como *Poecilia reticulata* Peters, 1860 que tiene características de un pez tropical con respecto a su resistencia a

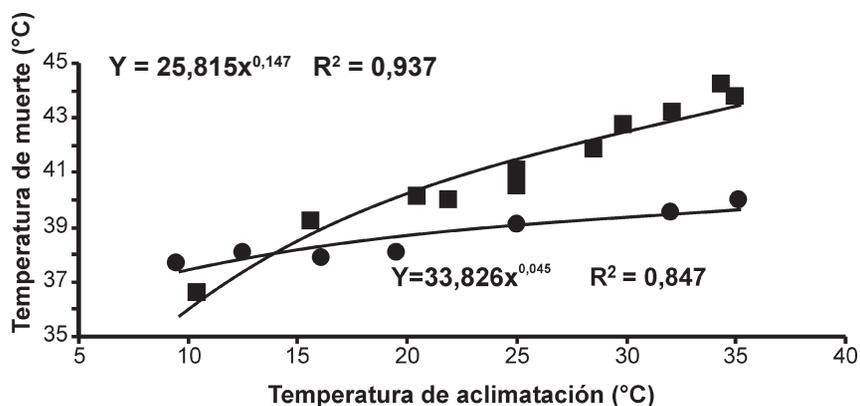


Figura 3. Relación entre la temperatura de aclimatación y temperatura de muerte. *Rocio octofasciata* (cuadrados) y *Australoheros facetus* (círculos).

Tabla 1. Temperatura de aclimatación (AT) y temperatura de pérdida del equilibrio (LET) de especies tropicales (T) y subtropicales (S) y hábitat (Menni, 2004 y Gómez, 2014). SL en mm, temperatura en °C.

| Especie | AT | LET | Zona y hábitat | Referencia |
|--|-------|-------|---------------------------------|-------------------------------|
| <i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1860 | 20.00 | 39.81 | S, aguas superficiales | (Giusto <i>et al.</i> 1998) |
| <i>Odontesthes bonariensis</i> (Valenciennes, 1835) | 20.42 | 33.45 | S, aguas superficiales | (Gómez, 2014) |
| <i>Rhynodoras d'orbigny</i> (Kroyer, 1855) | 25.04 | 36.70 | S, fondo | (Gómez, 2014) |
| <i>Micropterus salmonoides</i> (Lacépède, 1802) | 30.00 | 38.50 | S, predador de aguas vegetadas | (Currie <i>et al.</i> 1998) |
| <i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818) | 30.00 | 40.30 | S, predador de aguas vegetadas | (Currie <i>et al.</i> , 1998) |
| <i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner, 1878) | 30.00 | 40.9 | T, frecuentador de fondo | (Rantin, 1980) |
| <i>Xiphophorus maculatus</i> (Günther, 1866) | 30.00 | 41.50 | T, aguas superficiales | (Prodocimo & Freire, 2001) |
| <i>Cnesterodon decemmaculatus</i> (Jennyns, 1842) | 30.20 | 39.62 | S, aguas superficiales | (Gómez, 2014) |
| <i>Corydoras paleatus</i> (Jenyns, 1842) | 30.79 | 40.06 | S, fondo | (Gómez, 2014) |
| <i>Australoheros facetus</i> (Jenyns, 1842) | 32.00 | 37.57 | S, litorales de aguas vegetadas | (Gómez, 2014) |
| <i>Pterophyllum scalare</i> (Lichtenstein, 1823) | 32.00 | 42.10 | T, aguas superficiales | (Perez <i>et al.</i> 2003) |
| <i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824) | 32.50 | 38.50 | T, litorales de aguas vegetadas | (Rantin, 1980) |
| <i>Rocio octofasciata</i> | 34.96 | 43.03 | T, litorales de aguas vegetadas | (este trabajo) |
| <i>Australoheros facetus</i> | 35.10 | 38.06 | S, litorales de aguas vegetadas | (este trabajo) |
| <i>Callichthys callichthys</i> (Linneo, 1758) | 38.68 | 36.00 | S, fondo | (Gómez, 2014) |

altas temperaturas. *Poecilia reticulata* posee una LET de 39,81°C, que es más alta que la de los peces de agua dulce analizados en las mismas condiciones experimentales (Giusto *et al.*, 1998).

Al comparar los resultados de DT con los obtenidos para especies tropicales como *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824) que aclimatada en el rango de 12,5 a 32,5°C (Rantin, 1980) evidenció un rango de temperaturas más bajo (38.5°C) que *R. octofasciata*. La aclimatación a 30 °C de un cíclico tropical, *Caquetaia kraussii* (Steindachner, 1878), resultó en una resistencia mayor a 60 minutos a 40,9°C (Tabla 1).

Los organismos que viven en lagunas y aguas someras son capaces de aclimatarse a cambios de temperatura durante el día, sin perder su nivel de aclimatación durante la noche. Estos organismos tienen la ventaja de tolerar temperaturas más altas y cambiar su zona de tolerancia térmica a niveles de alta temperatura (Segnini de Bravo & Chung, 2001).

La diferencia promedio (DT-LET) en *R. octofasciata* es de 1.93 (SD = 0.621) y 1,92°C (SD = 0.166) en *A. facetus*. El valor de DT-LET es 2 o 3°C y es una variable poco estudiada. Sin embargo es un factor relevante ya que permite evaluar la posibilidad

de una especie de tolerar altas temperaturas en un evento extremo. Gómez (1990) encontró en el siluriforme patagónico *Hatcheria macraei* (Girard, 1855) con un origen ancestral de Brasil, una diferencia mucho mayor (DT-LET= 9°C) la cual fue descrita como un relicto fisiológico.

Rocio octofasciata es una especie euritermal, comparable con algunas especies subtropicales con amplio rango de temperatura. Su capacidad de aclimatación disminuye considerablemente a temperaturas inferiores a los 15°C (Figura 3), y hay que considerar que en su región de origen la temperatura mínima media anual es de 13°C. Esto evidencia que las bajas temperaturas en peces subtropicales también pueden producir estrés térmico tal como lo propone Currie *et al.*, (1998) para especies del hemisferio norte, lo que puede plasmarse en cambios metabólicos y fisiológicos (Rossi *et al.*, 2017).

La relación entre AT y LET es potencial (Figura 3). Análogos resultados se obtuvieron con otras especies (Gómez, 1996; 2014). Entre los cíclidos neotropicales, *R. octofasciata* alcanza una mayor pérdida de temperatura de equilibrio. En *R. octofasciata* y otras especies de peces tropicales, con temperaturas altas aclimatación, el LET es mayor a 40°C. Algunos

peces tropicales pueden estar mejor adaptados a temperaturas más altas de aclimatación y a tenores de oxígeno más bajos, lo que les permite tener una mayor amplitud en su distribución biogeográfica (Somero, 1978; 2012).

Es importante considerar estos resultados en el contexto de los estudios sobre efectos del cambio climático en la ictiofauna sudamericana, ya que se espera que continúen el aumento de temperatura en los próximos 30 años (Barros & Camillioni, 2016). Este aumento será mayor de 0,5°C (3a. Comunicación Nacional sobre Cambio climático en Argentina, <http://www.ambiente.gov.ar/>) por lo cual las especies tropicales y subtropicales podrían aclimatarse y posiblemente extender su distribución hacia latitudes más altas, lo que podría generar modificaciones en las comunidades acuáticas. Algunas modificaciones ya se han registrado en los últimos años en Argentina (Gómez *et al.*, 2004; Gómez & Menni 2005; Bates *et al.*, 2008; Avigliano *et al.*, 2011; Volpedo *et al.*, 2014; Volpedo & Thompson, 2016).

Los estudios relacionados con el comportamiento térmico de los peces deben incluir diseños de experimentos de recuperación, para determinar en qué momento, de persistir las condiciones imperantes, el proceso que llevaría a la muerte es reversible y estudiar en detalle el significado de la diferencia DT-LET para evaluar como una constante a nivel genérico o de familia. Este tipo de conocimiento sería muy útil para el manejo de poblaciones y comunidades ante los nuevos escenarios ambientales, así como para el desarrollo de la acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a la memoria del Dr. Sergio E. Gómez. Agradecemos la lectura crítica del primer manuscrito por B. Baldisserotto (Br.) y de los revisores y a la asistencia técnica de R. Galeano. Agradecemos a la Universidad de Buenos Aires (UBACYT 20020150100052BA), CONICET (PIP 112-20120100543CO) y ANPCYT (PIP 2015-1823) por el apoyo financiero.

REFERENCIAS

Almaça, C. (1995). *Fish species and varieties introduced into Portuguese inland waters.*

Lisbon: Publicações Avulsas do Museu Bocage.

- Avigliano, E., Tombari, A. y Volpedo A. (2011).** ¿El otolito de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), refleja el estrés ambiental? *Biología Acuática*, 27: 9-15
- Axelrod, A., Burgess, W. y Emmens, C. (1998).** *Mini atlas de peces de acuario de agua dulce.* TFH publ., Ed. Hispano Europea, Barcelona.1008 pp.
- Bacchetta, C., Cazenave, J., Parma, M. J. y Biancucci, G. F. (2011).** Biochemical stress responses in tissues of the cichlid fish *Cichlasoma dimerus* exposed to a commercial formulation of endosulfan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 61: 453-460
- Barrionuevo, W. R., & Fernandes, M. N. (1995).** Critical thermal maxima and minima for curimbatá, *Prochilodus scrofa* Steindachner, of two different sizes. *Aquaculture Research*, 26: 447- 450
- Barros, V. y Camillioni, I. (2016).** *La Argentina y el cambio climático. De la Física a la Política.* Argentina: EUDEBA.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z., Wu, S. & Palutikof, J. P. (Eds) (2008).** *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* Geneva: IPCC Secretariat.
- Bates, A. E., Barrett, N. S., Stuart-Smith, R. D., Holbrook, N. J., Thompson, P. A. & Edgar, G. J. (2014).** Resilience and signatures of tropicalization in protected reef fish communities. *Nature Climate Change*, 4: 62-67
- Becker, C. D. & Genoway, R. G. (1979).** Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Environmental Biology of Fishes*, 4: 245-246
- Brett, J. R. (1946).** Rate of gain of heat-tolerance in goldfish (*Carassius auratus*). University of Toronto studies. *Biological series*, 53: 1-28
- Bulus Rossini, G. D. & Ronco, A. E. (2004).** Sensitivity of *Cichlasoma facetum* (Cichlidae, Pisces) to metals. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72: 763-768
- Carveth, J. C., Widmer, A. M., & Bonar, S. A. (2006).** Comparison of upper thermal tolerances of native and nonnative fish species in Arizona. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135: 1433-1440
- Chipparri-Gomes, A., Gomes, L. & Baldisserotto,**

- B. (1999).** Lethal temperatures for silver catfish *Rhamdia quelen* fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture*, 9: 11-21
- Chippari-Gomes, A., Carvalho Gomes L. & Baldisserotto, B. (2000).** Lethal temperatures for *Rhamdia quelen* larvae (Pimelodidae). *Ciencia Rural*, 30: 1069-1071
- Conkel, D. (1993).** *Cichlids of North and Central America*. Neptune City: TFH publications
- Currie, R. J.; W. A. Bennett; & Beitingger, T. A. (1998).** Critical thermal minima and maxima of three freshwater game-fish species acclimated to constant temperatures. *Environmental Biology of Fishes*, 51: 187-200.
- Cussac, V. E., Fernández, D. A., GÓMEZ, S. E. & LÓPEZ, H. L. (2009).** Fishes of southern South America: a story driven by temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35: 29-42
- Dioni, W.; & REARTES, J. L. (1975).** Susceptibilidad de algunos peces del Paraná Medio expuestos a temperaturas extremas en condiciones de campo y laboratorio. *Physis Sección B*, 34: 129-137
- Doadrio, I. (2001).** *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- Eissa, B. L.; Ossana, N. A., Ferrari, L. & Salibián, A. (2010).** Quantitative behavioral parameters as toxicity biomarkers: fish responses to waterborne cadmium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 58: 1032-1039.
- Frey, H. (1961).** *Illustrated dictionary of tropical fishes*. Neptune City: TFH Publications.
- Fry, F. E. J. (1971).** The effects of environmental factors on the physiology of fish. In: Hoar, W. S. & Randall, D. J. (Eds.). *Fish physiology*. (pp. 1-98) New York: Academic Press.
- Froese, R.; & Pauly, D. (Eds.) (2017).** *Fish base*. World Wide Web, Electronic publication. Disponible en: www.fishbase.org
- Giusto, A., Gómez; S. E., Cassará, C.; & Ferriz, R. A. (1998).** Resistencia a la temperatura y salinidad en *Poecilia reticulata* Peters, 1859. *Bioikos*, 12: 45-52.
- Gómez, S. E. (1996).** Some thermal ecophysiological observations on the catfish *Hatcheria macraei* (Girard 1855) (Siluriformes, Trichomycteridae). *Biota*, 6: 89-95.
- Gómez, S. E. (1996).** Resistencia a la temperatura e a la salinidad en pesci della provincia di Buenos Aires (Argentina), con implicazioni zoogeografiche. In: Atti Congressuali, 4° Convegno Nazionale (A.I.I.A.D.): (pp. 171-192). Associazione Italiana di Ittiologia di Acque Dolci, Trento
- Gómez, S. E. (2014).** Máximo térmico crítico en peces argentinos de agua dulce, Sud América. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.*, 16: 123-127
- Gómez, S. E., Cassará, H.; & Bordone, S. (1994).** Producción y comercialización de los peces ornamentales en la República Argentina. *Revista de Ictiología*, 2/3: 13-20.
- Gómez, S. E., Trenti, P. S. & Menni, R. C. (2004).** New fish populations as evidence of climate change in former dry areas of the pampean region (Southern South America). *Physis*, 59 (136-137): 43-44
- Gómez, S. E.; & Menni, R. C. (2005).** Cambio ambiental y desplazamiento de la ictiofauna en el oeste de la Pampasia (Argentina Central). *Biología Acuática*, 22: 151-156
- Gómez, S. E; & Gonzalez Naya, M. J. 2007.** Resistencia a la salinidad en dos especies de peces Neotropicales de la familia Cichlidae (Pisces, Perciformes). *Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 166: 45-54
- Gonzalez Naya, J., Ramírez, L., Gómez, S. E; & Menni, R. C. (2011).** Temperature and massive fish death in southern South America. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales n.s.*, 13: 131-134
- Hathaway, E. S. (1927).** Quantitative study of the changes produced by acclimatization in the tolerance of high temperatures by fishes and amphibians. *Bulletin of the United States Bureau of Fisheries*, 43: 169-192
- Hein, C. L., Öhlund, G. & Englund, G. (2014).** Fish introductions reveal the temperature dependence of species interactions. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 281: 2013-2641
- Menni, R. C. (2004).** Peces y ambientes en la Argentina continental. *Monografías de Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5:1-316
- Pérez, E., Díaz, F. & Espina, S. (2003).** Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). *Journal of Thermal Biology*, 28: 531-537
- Prodócimo, V. & Arruda-Freire, C. (2001).** Critical thermal maximum and minimum on

- the platyfish *Xiphophorus maculatus* Günther (Poeciliidae, Cyprinodontiformes) – a tropical species of ornamental freshwater fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18: 97-106.
- Rantin, F. T. (1980).** Temperaturas letais do acará *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard 1824, Pisces, Cichlidae). *Boletim de fisiologia animal*, 4:9-33.
- Ribeiro, F., Orjuela, R. L., Magalhães, M. F. & Collares-Pereira, M. J. (2007).** Variability in feeding ecology of a South American cichlid: a reason for successful invasion in mediterranean-type rivers? *Ecology of Freshwater Fish*, 16: 559-569
- Řičan, O. & Kullander, S. O. (2006).** Character and tree-based delimitation of species in the “*Cichlasoma facetum*” group (Teleostei, Cichlidae) with the description of a new genus. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 44: 136-152
- Rossi, A., Bacchetta, C. & Cazenave, J. (2017).** Effect of thermal stress on metabolic and oxidative stress biomarkers of *Hoplosternum littorale* (Teleostei, Callichthyidae). *Ecological Indicators*, 79: 361-370
- Rouyer, T., Fromentin, J. M., Hidalgo M. & Stenseth, N. C. (2014).** Combined effects of exploitation and temperature on fish stocks in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 1-9
- Segnini de Bravo, M. & Chung, K. (2001).** Ecophysiological behavior of *Caquetaia kraussii* (Pisces: Cichlidae) exposed to different temperatures and salinities. *Revista de Biología Tropical*, 49: 149-156
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1995).** *Biometry*. 3rd ed. New York: W.H. Freeman.
- Somero, G. N. (1978).** Temperature adaptation of enzymes - biological optimization through structure-function compromises. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 9: 1-29.
- Somero, G. N. (2012).** The physiology of global change: linking patterns to mechanisms. *Annual Review of Marine Science*, 4: 39-61
- Valtierra-Vega, M.; & Schmitter-Soto, J. (2000).** Hábitos alimentarios en las mojarra (Perciformes: Cichlidae) de la laguna Cambas Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 48:503-508
- Volpedo, A. V. & Thompson, G. A. (2016).** Environmental Changes on Freshwater Fish Communities in South America in the last five decades: A Case Study in Northeast Argentina. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 4: 44-59
- Volpedo, A. V., Puntoriero, M. L & Fernández Cirelli, A. (2014).** Cambios ambientales en el Lago Chasicó (Buenos Aires, Argentina) en las últimas décadas: impactos y perspectivas. En: Fernández Reyes, L., Volpedo, A., Salgot, M. (eds.), *Evaluación ambiental integral de ecosistemas degradados de Iberoamérica: experiencias positivas y buenas prácticas* (pp. 185-195). Barcelona: Red CYTED.

Recibido: 2 de abril de 2017 - **Aceptado:** 06 de septiembre de 2017