

## Velocidad de natación de un especialista en maniobra, *Cichlasoma facetum* (Jenyns) (Pisces, Cichlidae), en condiciones experimentales

Sergio E. GOMEZ<sup>1,2</sup>, Jimena GONZALEZ NAYA<sup>1</sup> & Anabella GIUSTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Av. Angel Gallardo 470 (1405) Buenos Aires, Rep. Argentina. <sup>2</sup> Instituto de Limnología R. A. Ringuelet (UNLP -CONICET). Casilla de Correo 712 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Rep. Argentina.

**Abstract: Swimming speed in a maneuver specialist, *Cichlasoma facetum* (Jenyns) (Pisces, Cichlidae) in experimental conditions.** The swimming speed of *Cichlasoma facetum* was analyzed using 15 specimens of different sizes, with a total range of standard length (SL) between 31.4 and 93.0 mm. Experiments were carried out in a current tunnel under controlled laboratory conditions at a constant water velocity (V) of 6.47 cm s<sup>-1</sup> and temperature of 23.2 °C. The fatigue time (FT) varied between 43 and 722 min. The FT was correlated positively with the SL and weight (W). The nonlinear multiplicative regressions between SL-FT, and W-FT were calculated. In each experiment the relative swimming speed (RS) was considered as  $RS = V \cdot SL^{-1}$ . A single scatterplot diagram (log y axis) of RS-FT showed that cruising speed is very low, smaller than  $1 \cdot SL^{-1}$ , and the maximum swimming speed may be estimated around 4.5 SL s<sup>-1</sup>. Experimental values are very similar with previous field observations on the trophic and general behavior of this species. According to these data and its morphological features, *C. facetum* may be recognized like a maneuver specialist characterized by low cruising speeds in a structurally complex habitat, and with some acceleration capacity for capturing invertebrates and small fish.

**Key words:** swimming speed, maneuver specialist, neotropical freshwater fish, behavior, ecophysiology.

Conocer la capacidad de natación de los peces tiene interés por distintos motivos: en estudios ecológicos determina, entre otros factores, si una especie puede colonizar un ambiente de aguas torrentosas; también la posibilidad de alimentarse o ser presa depende de la velocidad a la que se desplaza el animal, por lo cual la capacidad de natación es considerada un importante factor de supervivencia (Wardle, 1980). En términos generales la reofilia en los peces de agua dulce implica la conservación de una determinada posición geográfica, impidiendo su deriva aguas abajo hacia ambientes potencialmente desfavorables (Tablado & Oldani, 1984). Hay peces especializados para realizar natación de crucero, acelerar o maniobrar, pero la mayor parte son generalistas presentando una mezcla de éstas tres cualidades locomotoras, y la morfología de cada pez generalmente se relaciona con su forma de natación (Webb, 1984).

La capacidad de natación es un término amplio y puede ser evaluada mediante distintas técnicas (Beamish, 1978). El tiempo necesario para que un individuo sea arrastrado por una corriente de velocidad constante, abandonando su posi-

ción, es conocido como tiempo de fatiga (Brett, 1964) o tiempo de arrastre (Gómez & Ferriz, 2002), y es un indicador de su capacidad de natación. Si este tiempo es muy prolongado, 200 minutos o más (Beamish, 1978), esa velocidad puede ser interpretada como la velocidad de crucero o de natación sostenida, que en general se encuentra entre 1 y 3 longitudes estándar por segundo (Jobling, 1995). Como no hay técnicas de laboratorio para cuantificar la capacidad de maniobra, los peces especialistas en maniobra pueden caracterizarse por su morfología corporal, modo de natación y baja velocidad de crucero (Webb, 1984).

El género *Cichlasoma* presenta un cuerpo comprimido de contorno orbicular con pedúnculo caudal corto. Las aletas pectorales son oscilantes y propulsoras, insertas verticalmente en la parte alta del cuerpo cercanas al centro de masa corporal. Esta morfología, los datos preliminares en laboratorio sobre *C. biocellatum* (Gonzalez Naya, 2002), y observaciones en acuario sobre la maniobrabilidad e ictiofagia de *C. facetum* (Castello, 1972; Frey, 1961) indicarían que las especies de *Cichlasoma*, corresponden a un tipo in-

termedio entre especialistas de aceleración y especialistas en maniobra.

*Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842), conocido localmente como «chanchita» es particularmente euritópico y abundante en las lagunas pampásicas (Gómez, 1996). Su distribución abarca sur de Brasil, norte de Argentina y Uruguay; es el ciclido más austral del mundo y la localidad extrema conocida se encuentra a los 38° de latitud sur (Casciotta *et al.*, 1999). Los principales datos biológicos y morfológicos se encuentran en Ringuelet *et al.* (1967) y datos sobre su ecología trófica en Escalante (1984) y Gutiérrez *et al.* (1986).

La capacidad de natación de los peces argentinos de agua dulce en condiciones experimentales está poco estudiada. Gómez & Ferriz (2001) determinaron la velocidad máxima en juveniles de pejerrey, Trenti *et al.* (1999) proveen datos para algunas especies pampásicas de pequeña talla e indican la necesidad de estudiar a los especialistas en maniobra.

El objetivo de este trabajo es determinar experimentalmente la capacidad de natación de *Cichlasoma facetum* en condiciones de laboratorio, en relación a distintas variables morfométricas, utilizando la técnica del «tiempo de arrastre» y establecer si, en el marco de las teorías de Webb (1984), su morfología corporal se corresponde con una baja velocidad de crucero, característica de los especialistas en maniobra.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 15 ejemplares de *C. facetum* capturados en la Laguna Salada de Monasterio (Chascomús), mantenidos en laboratorio con agua corriente de clorada (salinidad = 0,26 g l<sup>-1</sup>, pH = 6,8 y conductividad = 352 µS). Antes de los ensayos los individuos fueron aclimatados durante siete días entre 22 y 25 °C, todas las experiencias se realizaron dentro del rango indicado. La temperatura se registró con un termómetro digital, graduado a 0,1 °C.

Para las mediciones del «tiempo de arrastre» (TA: min) se utilizó la metodología y túnel de corriente de agua descriptos por Trenti *et al.* (1999) y Gómez & Ferriz (2002). Básicamente consiste en introducir un ejemplar en el túnel sin circulación de agua, se aumenta la velocidad de corriente muy rápidamente hasta un valor prefijado y constante (V) de 6,74 cm s<sup>-1</sup> (DE = 0,2395; rango: 6,34 - 6,94) y se mide el tiempo que transcurre hasta que el animal es arrastrado fuera del túnel.

Para cada individuo además de TA se registro: longitud total (Lt: en mm), longitud estándar (Lst: en mm), peso fresco en gramos (g), altura del cuerpo como porcentaje de la longitud estándar (AC%),

longitud de la cabeza como porcentaje de la longitud estándar (LC%), según Ringuelet *et al.* (1967), y el índice de condición (K) según Weatherley (1972) donde  $K = (P \cdot 10^5) \cdot Lst^{-3}$ . Se utilizó un calibre graduado a 0,1 milímetro y una balanza electrónica (Kern, Mod. 442-43) con graduación mínima de 0,1 g.

Los TA obtenidos se analizaron en función de las variables morfométricas y de la velocidad relativa de natación (VR) donde para cada ejemplar  $VR = V/Lst$ . Para una sencilla interpretación de la relación entre TA y VR, estas variables se representaron en un diagrama de dispersión en escala logarítmica de acuerdo a los criterios de Beamish (1978) y Fry (1971). El tratamiento estadístico se realizó mediante: test de «t», análisis de regresión no lineal y correlación (coeficiente de Pearson) de acuerdo a Sokal & Rohlf (1979).

## RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas entre la temperatura de aclimatación y la temperatura de experimentación ( $t = -0,822746$ ;  $p > 0,05$ ) resultando una temperatura media general de 23,24 °C (DE = 2,2413,  $n = 30$ ).

Con ejemplares de Lst entre 31,4 y 93 mm, se obtuvieron tiempos de arrastre (TA) comprendidos entre 43 y 722 minutos. Las variables morfométricas, tiempos de arrastre y velocidades relativas de cada individuo se muestran en la Tabla 1. En la Tabla 2 se indican los coeficientes de correlación entre los distintos pares de variables en su forma lineal. Los mayores coeficientes positivos significativos corresponden a los pares de variables: TA-P, TA-Lt y TA-Lst ( $r = 0,933$ ;  $0,929$  y  $0,922$  respectivamente). Las VR mostraron coeficientes significativos y negativos con Lst, Lt y P. No se encontró ninguna correlación con K o AC%. El tiempo de arrastre se correlacionó negativa y significativamente con la velocidad relativa ( $r = -0,7872$ ).

Con un modelo multiplicativo de regresión, se estableció una relación positiva y significativa ( $p < 0,01$ ) entre Tiempo de arrastre y Longitud estándar (Fig. 1):

$$TA = 0,0293 \cdot Lst^{2,21957} \quad R^2 = 76,59\%$$

Con el mismo tipo de análisis se obtuvo una relación positiva y significativa ( $p < 0,01$ ) entre Tiempo de arrastre y Peso (Fig. 2):

$$TA = 54,4759 \cdot \text{Peso}^{0,7181} \quad R^2 = 74,33\%$$

En ambos casos el análisis de correlación fue significativo con valores de  $r = 0,8752$  y  $r = 0,8622$  respectivamente ( $n = 15$ ).

Tabla 1. Tiempo de arrastre (TA) en *Cichlasoma facetum*. Para cada individuo se indica: longitud total (Lt), longitud estándar (Lst), peso (P), altura del cuerpo como porcentaje de la longitud estándar (AC%), longitud de la cabeza como porcentaje de la longitud estándar (LC%), índice de condición (K) y velocidad relativa de natación (VR). Se señalan los valores medios (X) y desvios estándar entre paréntesis.

Lt (mm)	Lst (mm)	P (g)	AC%	LC%	K	TA (min)	VR (Lst/seg)
41,0	31,4	1,3	48,73	37,58	4,199	43	2,21
43,5	33,0	1,4	50,00	36,97	3,896	105	2,10
49,0	35,5	1,7	50,00	37,57	3,800	50	1,95
57,3	42,6	3,7	47,89	35,21	4,786	250	1,61
63,0	46,6	4,8	44,85	33,26	4,743	165	1,46
64,5	48,5	3,5	47,84	35,26	3,068	303	1,32
69,5	53,0	7,1	49,06	33,96	4,769	120	1,20
71,0	54,0	5,4	46,67	36,11	3,429	248	1,25
72,0	55,5	6,5	45,36	36,36	3,802	105	1,14
72,0	56,5	6,9	44,46	33,93	3,826	162	1,23
79,0	61,5	8,6	47,64	33,33	3,697	309	1,03
103,0	77,0	20,6	49,94	32,47	4,512	523	0,88
106,0	81,5	18,6	46,50	34,60	3,436	498	0,85
112,0	85,1	27,8	51,12	33,49	4,511	573	0,82
121,0	93,0	34,8	44,57	32,53	4,326	722	0,73
X=74,92 (24,9312)	X=56,98 (19,3002)	X=10,18 (10,3462)	X=47,64 (2,1812)	X=34,84 (1,7514)	X=4,05 (0,5419)	X=278,40 (209,4396)	X=1,32 (0,4673)

Tabla 2. Matriz de correlación entre las ocho variables indicadas. Abreviaturas como en Tabla 1. (\*significativo con  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ;  $n = 15$ ).

	TA	Lt	Lst	P	AC%	LC%	K	VR
TA	1	0,9296**	0,9220**	0,9327**	-0,2445	-0,7043**	0,0785	-0,7872**
Lt		1	0,9987**	0,9515**	-0,3369	-0,7547**	0,0923	-0,9194**
Lst			1	0,9477**	-0,3454	-0,7516**	0,0736	-0,9233**
P				1	-0,2250	-0,6853*	0,2259	-0,7753**
AC%					1	0,4674	0,0235	0,4446
LC%						1	-0,3843	0,7996**
K							1	-0,0052
VR								1

En base a la correlación negativa entre TA y VR se realizó un diagrama de dispersión en escala logarítmica (Fig. 3) y la respectiva línea de tendencia ( $R^2 = 71,91\%$ ), en el mismo diagrama también se indica el rango normal de velocidades de crucero (Jobling, 1995).

Si bien, en el túnel los animales normalmente se orientan en sentido contracorriente, durante el transcurso de todas las experiencias mostraron la habilidad de rotar  $360^\circ$  en el plano horizontal sin abandonar su posición dentro del túnel.

Con el dispositivo empleado no fue posible calcular directamente la velocidad máxima de natación, ya que al utilizar velocidades mayores a  $6,8 \text{ cm s}^{-1}$  los individuos se orientan a favor de la corriente, dejándose arrastrar pasivamente fuera del túnel.

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

La mayor parte de los peces son generalistas en cuanto a su modo de natación, y presentan una

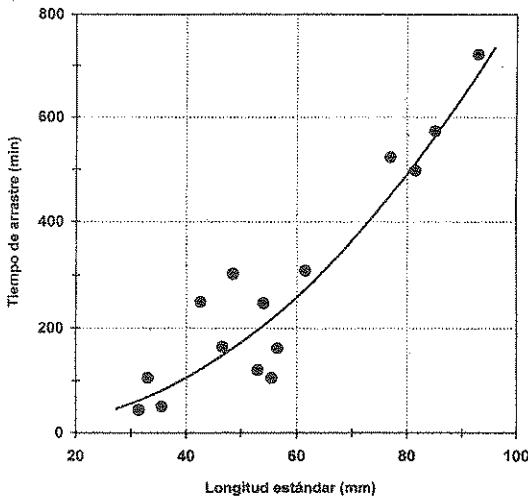


Fig. 1. Diagrama de dispersión y curva de regresión multiplicativa entre el Tiempo de arrastre (en minutos) y la Longitud estándar (en milímetros) para *Cichlasoma facetum*.

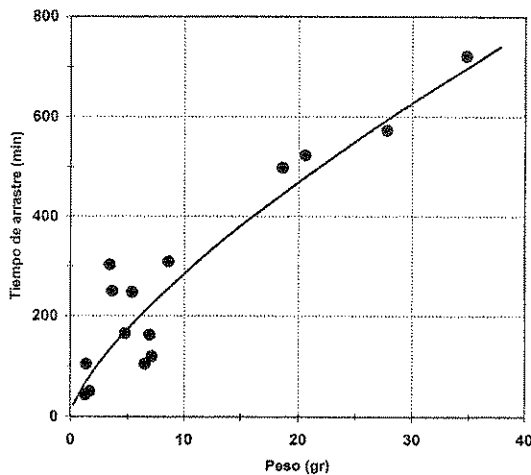


Fig. 2. Diagrama de dispersión y curva de regresión multiplicativa entre Tiempo de arrastre (en minutos) y Peso (en gramos) para *Cichlasoma facetum*.

mezcla de cualidades locomotoras relacionadas con su forma corporal. No pueden combinarse todas las características óptimas para los distintos tipos de natación en un único pez debido al principio de la exclusión mutua de los diseños óptimos (Webb, 1984). La capacidad de natación depende, entre otras variables, de la temperatura a la cual fueron aclimatados y se realizó el experimento, del tamaño del individuo y la morfología

de la especie. La temperatura influye directamente en la tasa metabólica y a mayor temperatura los individuos tienen mayor capacidad de natación (Wardle, 1980).

En *C. facetum*, respecto al tamaño corporal, se encontró una relación positiva y significativa donde a mayor longitud estándar o mayor peso corporal corresponden tiempos de arrastre mayores. Las variables indicadoras de la capacidad de natación (TA y VR) están correlacionadas con el peso, que cuantifica en alguna medida la masa muscular. Sin embargo la Lst también muestra correlaciones significativas y es fácilmente relacionable con la velocidad de la corriente.

En términos de promedio el tiempo de arrastre de 278 minutos (Tabla 1), por ser mayor a 200 min, se puede considerar como correspondiente a "velocidad de crucero" (*sensu* Beamish, 1978) y en el mismo sentido la VR promedio de 1,32 Lst  $s^{-1}$  está incluida entre los valores bajos considerados normales por Jobling (1995). No obstante el examen del diagrama de dispersión (Fig. 3) y la línea de tendencia, muestran que la condición de velocidad de crucero, o su equivalente (TA= 200 min) sólo se cumple en todos los individuos cuando la VR es igual o menor a 1 Lst  $s^{-1}$ .

Las especies del género *Cichlasoma* son en general de pequeño o mediano tamaño, sedentarios, de hábitos alimentarios carnívoros, muestran cuidados parentales (McKaye, 1977) y en distintas especies se observan transporte de huevos y/o juveniles en la boca, construcción de nidos removiendo el sustrato, aireación de los huevos con movimientos de las aletas, defensa del nido etc. *C. facetum* se encuentra en pequeñas pozas que se forman entre los mantos de plantas litorales; cerca de piedras y bajo ramas o troncos caídos (Ruiz *et al.*, 1992), y se alimenta de organismos asociados a la vegetación litoral (Gutiérrez *et al.*, 1986). Ringuelet (1975) indica que es una especie litoral, sedentaria, territorial, presenta cuidados parentales, y hábitos alimentarios micro y meso animalívoros. En el contenido estomacal de ejemplares mayores a 70 mm, talla que corresponde a un tercio de la máxima registrada, se encontraron restos de peces, identificándose a *Cnesterodon decemmaculatus* (Escalante, 1984; Gutiérrez *et al.*, 1986).

El hábitat, comportamiento sedentario, y características tróficas de *C. facetum* requieren de una gran habilidad para maniobrar entre la vegetación o en ambientes estructuralmente complejos, y de capacidad de aceleración para capturar pequeños peces.

*Cichlasoma facetum* tiene una capacidad de natación menor que la obtenida para *Odontesthes bonariensis* (Gómez & Ferriz, 2001). De acuerdo

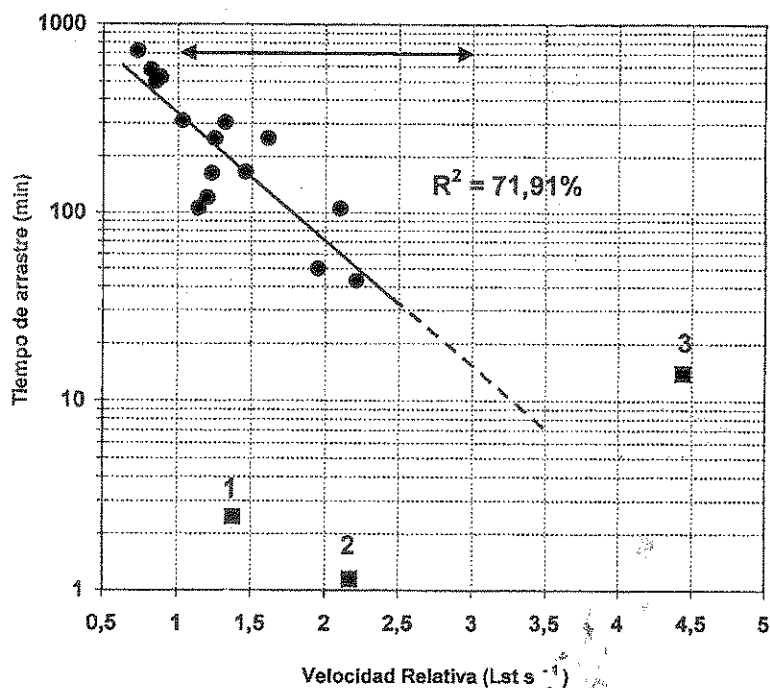


Fig. 3. *Cichlasoma facetum* (círculos), diagrama de dispersión y línea de tendencia entre el Tiempo de arrastre y la Velocidad relativa. También se indican los valores medios (cuadrados) para *Corydoras paleatus* (1), *Cnesterodon decemmaculatus* (2) y *Jenynsia lineata* (3) calculados a partir de datos de Trenti et al. (1999). La flecha indica el rango de velocidades normales de crucero según Jobling (1995).

con los valores aquí obtenidos, y el diagrama de dispersión (Fig. 3) *C. facetum* presenta mayor velocidad relativa de natación, en cuanto a los tiempos de arrastre, que *Corydoras paleatus* y *Cnesterodon decemmaculatus*, según los datos presentados por Trenti et al. (1999). Estas tres especies presentan en común un bajo grado de reofilia. También se observa una capacidad menor que la de *J. lineata*, aunque *C. facetum* podría alcanzar una misma VR media que *J. lineata* sería por un tiempo significativamente menor.

Para una maniobra precisa, estos peces efectúan movimientos oscilatorios de las aletas pectorales y el animal avanza o retrocede con movimientos a manera de remo, coordinados o alternos de sus aletas pares. La natación durante tiempos prolongados se realiza a una velocidad menor a 1 Lst s<sup>-1</sup>. Estos datos confirman que "los maniobradores tienden a navegar a velocidades bajas" (Webb, 1984). El movimiento de aceleración para atrapar a sus presas se realiza en pocos segundos, con movimiento ondulatorio del pedúnculo caudal. A partir del examen de la Fig. 3 la velocidad máxima puede ser estimada en 4,5 Lst s<sup>-1</sup>, valor que debe ser corroborado con experimentos adicionales utilizando diversas velocidades.

Teniendo en cuenta la morfología corporal, el modo de natación y los datos cuantitativos aquí presentados *C. facetum* puede definirse como un especialista para maniobrar en ambientes estructuralmente complejos, con cierta capacidad de aceleración para capturar invertebrados y pequeños peces.

#### AGRADECIMIENTOS

A Patricia Trenti (MACN) por la lectura crítica del primer manuscrito y a Ricardo Teijeiro (UBA), por sus valiosos comentarios.

#### BIBLIOGRAFIA

- Beamish, F.W.S. 1978. Swimming capacity. In: Hoar W. S. & D. J. Randall (eds.) *Fish Physiology*, vol VII, pp. 101-187, Academic Press, New York.
- Brett, J.R. 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 21(5): 1183-1226.
- Casciotta, J.R., A. Almirón, A. Cione & M. Azpelicueta. 1999. Brazilian freshwater fish assemblages from southern pampean area, Argentina. *Biogeographica* 75(2): 67-78.
- Castello, H. 1972. *Cichlasoma facetum*. Un ciclido de

- Buenos Aires y sus alrededores. *Vida Acuática* 11: 367-371.
- Escalante, A.H. 1984. Contribución al conocimiento de las relaciones tróficas de peces de agua dulce del área platense. IV. Dos especies de Cichlidae y miscelánea. *Limnobiós* 2(8): 562-578.
- Frey, W. 1961. *Illustrated dictionary of tropical fishes*. TFH Publ. Inc., New York, 768 pp.
- Fry, F.E.J. 1971. Effects of Environment factors on the physiology of fish. In: Hoar W. S. & D. J. Randall (eds.) *Fish Physiology*, vol VII (1): 1-97, Academic Press, New York.
- Gómez, S.E. 1996. Resistenza alla temperatura e salinità in pesci della Provincia di Buenos Aires (Argentina), con implicazioni zoogeografiche. En: *Atti Congressuali, IV Convegno Nazionale Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci*, 171-192, Trento, Italia.
- Gómez, S.E. & R.A. Ferriz. 2001. Algunos aspectos de la ecofisiología del pejerrey. En: Grosman, F. (Ed.). *Fundamentos biológicos, económicos y sociales para una correcta gestión del recurso pejerrey*, 46-52. Editorial Astyanax, Azul.
- Gómez, S.E. & R.A. Ferriz. 2002. Capacidad de natación en *Poecilia reticulata* (Pisces: Cyprinodontiformes). *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.*, n.s. 4(2): 181-185.
- Gonzalez Naya, M.J. 2002. Algunos aspectos de la ecofisiología del "Jack Dempsey", *Cichlasoma biocellatum* Regan, 1909 (Pisces, Cichlidae). Seminario de Licenciatura, Universidad CAECE, Buenos Aires, 40 pp.
- Gutiérrez, M., M.A. Bistoni & J.G. Haro. 1986. Hábitos alimentarios de *Cichlasoma facetum* (Jenyns) (Pisces, Cichlidae) en el Río Primero (Córdoba, Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 17 (1): 115-126.
- Jobling, M. 1995. *Environmental biology of fishes*. Chapman and Hall, Fish and Fisheries 16. London, 455 pp.
- McKaye, K.R. 1977. Competition for breeding sites between the cichlid fishes of lake Jiloá, Nicaragua. *Ecology* 58:291-302.
- Ringuelet, R.A. 1975. Zoogeografía y ecología de los peces de aguas continentales de la Argentina y consideraciones sobre las áreas ictiológicas de América del Sur. *Ecosur* 2(3): 1-122.
- Ringuelet, R.A., A. Alonso de Aramburu & R.H. Aramburu. 1967. *Los peces de agua dulce de la República Argentina*. CIC, La Plata, 602 pp.
- Ruiz, R.V.H., G.H.Y. Moyano & M. Marchant. 1992. Aspectos biológicos del pez exótico *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842) (Pisces, Cichlidae) en aguas dulces de Concepción. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 63:193-201.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Ed. Blume, Madrid, 832 pp.
- Tablado, A. & N. Oldani. 1984. Consideraciones generales sobre las migraciones de peces en el río Paraná. *Bol. Asoc. Cienc. Nat. Litoral* 4(3):31-34.
- Trenti, P.S., S.E. Gómez & R.A. Ferriz. 1999. Capacidad de natación en tres peces pampásicos. *APRONA* 13(38): 2-9.
- Wardle, C.S. 1980. Effects of temperature on the maximum swimming speed of fishes. In: Ali, A. (ed.), *Environmental Physiology of Fishes*, pp. 519-531, Plenum Publishing Corporation, New York.
- Weatherley, A.H. 1972. *Growth and ecology of fish populations*. Academic Press., New York, 293 pp.
- Webb, P.W. 1984. Form and function in fish swimming. *Scientific American* 251(1): 72-82.

Recibido: 23-III-2003  
Aceptado: 4-VI-2003