

Capacidad de natación en *Poecilia reticulata* (Pisces: Cyprinodontiformes)

Sergio E. GÓMEZ^{1,2} & Ricardo A. FERRIZ¹

¹Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". Av. Angel Gallardo 470 (1405) Buenos Aires, Rep. Argentina. ²Instituto de Limnología R.A. Ringuet (UNLP - CONICET). Casilla de correo 712 (1900) La Plata, Prov. de Buenos Aires, Rep. Argentina. E-mail: ricferr@muambe.gov.ar, segomez@movi.com.ar

Abstract: Swimming capacity in *Poecilia reticulata* (Pisces: Cyprinodontiformes): The swimming capacity of *Poecilia reticulata* Peters, 1859 was analyzed using 265 specimens of three classes: long-tailed males, short-tailed males, and females, with a total range of standard length between 16.0 and 42.1 mm. Experiments were carried out in a current tunnel under controlled laboratory conditions at a water velocity of 15.4 cm s⁻¹, and a temperature of 24.7° C. The fatigue time varied between 1.2 and 56.4 min and it was correlated positively with the fish standard length in short-tailed males and females. Both classes showed a better swimming capacity than long-tailed males. Only large short-tail males (27.5 mm) have a significant better capacity than smaller females (24.2 mm). According to these data, and the subcylindrical body form, *Poecilia reticulata* may be considered an intermediate type between acceleration and navigation specialists.

Key words: swimming capacity, tailed-male dimorphism, sexual dimorphism, *Poecilia reticulata*.

La capacidad de natación de los peces es un término amplio, y puede ser evaluada mediante la velocidad máxima que puede alcanzar una especie. Esta es difícil de determinar, porque sólo puede ser mantenida por escasos segundos o minutos. Otra técnica es medir el tiempo necesario para que el pez sea arrastrado por una corriente de velocidad constante, conocido como tiempo de fatiga o tiempo de arrastre (Brett, 1964). En este último caso, si el tiempo es muy prolongado, esa velocidad puede ser interpretada como la velocidad óptima o de crucero, que en general se encuentra comprendida entre 1 y 3 longitudes estándar por segundo (Jobling, 1995). La temperatura influye directamente en la tasa metabólica, y a mayor temperatura los individuos tienen mayor capacidad de natación (Wardle, 1980).

La velocidad de natación es una variable de gran importancia biológica, ya que puede implicar la posibilidad de depredación sobre otros organismos o la de ser depredados, que son importantes factores de supervivencia (Wardle, 1980). Además, la aptitud para desplazarse en determinadas condiciones, determina la posibilidad de ampliar la distribución geográfica, colonizando nuevos ambientes. En términos generales la reotaxis 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).

Para peces de aguas continentales argentinas, en condiciones de laboratorio, Trenti *et al.* (1999) estimaron la velocidad de natación de *Corydoras paleatus*, *Jenynsia lineata* y *Cnesterodon decemmaculatus*. Gómez & Ferriz (2001) determinaron la velocidad máxima del pejerrey *Odontesthes bonariensis*, datos sobre *Cichlasoma facetum* pueden verse en Gómez *et al.* (2002), y para *Cichlasoma biocellatum* en González Naya (2002).

Los poecílidos presentan dimorfismo sexual. En *Poecilia reticulata* Peters, 1859, además del gonopodio, los caracteres más notables son el mayor tamaño y colorido de la aleta caudal del macho, la fuerte coloración del cuerpo del macho y el mayor tamaño corporal que alcanzan las hembras. En las poblaciones criadas en acuarios, se encuentran dos tipos de machos: cola larga y cola corta. Los individuos de "cola corta" tienen la aleta caudal de un tamaño comparable al de las hembras. Los de "cola larga" presentan una aleta caudal que excede entre un 30 y 50% el tamaño de la aleta de los de cola corta, y en general son mucho más coloridos. En ambos grupos la forma de la cola puede ser extremadamente variable. Las hembras presentan colas relativamente homogéneas de tipo redondeado.

Observaciones de laboratorio sugieren que los machos de cola corta son mejores nadadores que los machos de cola larga y que éstos tienen una

capacidad de natación inferior a la de las hembras.

El objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad de natación de *Poecilia reticulata* analizando su variación en función del sexo, de la talla y de la longitud de la aleta caudal de los machos; y si su morfología corporal subcilíndrica se corresponde con su capacidad de natación, de acuerdo a Webb (1984), utilizando ejemplares de criadero bajo condiciones experimentales.

MATERIAL Y METODOS

Para realizar las mediciones de la capacidad de natación se empleó un túnel de corriente de velocidad variable compuesto por un tubo de acrílico transparente de 105 cm de largo y un diámetro de 5,6 cm. El agua es impulsada mediante una bomba centrífuga de una capacidad máxima de 65 l min⁻¹. Las diferentes velocidades se obtienen mediante el uso de un circuito alternativo de "by pass" con llave reguladora, que permite lograr velocidades entre 6,5 y 41,7 cm s⁻¹. En las experiencias se utilizó una velocidad media de 15,43 cm s⁻¹ (DE= 0,4501; N= 265; rango= 14,4 a 16,3 cm s⁻¹), que corresponde a 3,4 longitudes estándar por segundo o mayores, lo cual se aproximaría a la velocidad óptima de crucero. Todas las experiencias se realizaron a una temperatura comprendida entre 23 y 26 °C (promedio: 24,73 °C; DE= 1,1820). Antes de los ensayos los ejemplares fueron aclimatados durante siete días en el rango de temperatura indicado.

Para cada experiencia se registró la longitud estándar (LST) y longitud total (LT) de los ejemplares en estudios, tomadas con un calibre de graduación mínima de 0,1 mm. El ejemplar se colocó en uno de los extremos del tubo y se midió el tiempo que demandó su arrastre (tiempo de arrastre, TA: en minutos) fuera del mismo por la corriente del agua que circula a velocidad constante, y la temperatura del agua (T: en °C).

Para el tratamiento estadístico se utilizó análisis de la varianza, de correlación y cuando fue posible análisis de regresión entre tiempo de arrastre y longitud estándar (Sokal & Rohlf, 1979). Los intervalos de confianza (IC) fueron calculados al 95%.

Los 265 ejemplares utilizados en estas experiencias provienen aleatoriamente de cuatro criaderos distintos del MACN. Se emplearon tres grupos de peces: 97 ejemplares machos de cola corta, agrupados en seis intervalos de clases de 2 mm de amplitud (Tabla 1), 60 machos de cola larga que no fueron agrupados y 108 hembras agrupadas en nueve intervalos de clases de 4 mm de amplitud (Tabla 2). Aproximadamente el 80% de los ejem-

plares machos cola larga utilizados pertenecían al tipo de cola de velo. Los intervalos de LST utilizados cubren todo el rango de tallas citado para la especie.

Para elegir los machos de cola corta se utilizó el siguiente procedimiento para un grupo independiente de hembras se construyó una recta de regresión lineal simple entre LST y LT, para evaluar la longitud de su aleta caudal. Esta recta responde a la ecuación:

$$LT = 1,316 + 1,264 \cdot LST \quad (N = 28; R^2 = 98,6 \%)$$

Se consideraron machos de cola corta a aquellos que se encontraron dentro del intervalo de confianza del 95% de esta recta de regresión.

Para cada intervalo de clase se calculó la LST media y el TA medio, cuando fue posible ambas variables se relacionaron por medio de una ecuación multiplicativa, siendo la LST media la variable independiente, y el TA medio la variable dependiente.

RESULTADOS

En todos los casos se observó un marcado patrón de comportamiento reófilo. Estos peces se orientan contra la corriente manteniendo su posición dentro del tubo. Usualmente en algún momento comienzan a ser arrastrados, aumentan la velocidad de natación y recuperan la posición original. No se registró mortalidad por causas del diseño experimental o por otras razones en las 72 horas posteriores a las pruebas.

La LST de los 60 ejemplares machos de cola larga estudiados varió entre 16 y 27 mm (promedio= 21,59; DE= 2,445; IC= 20,96-22,22) y el tiempo de arrastre osciló entre 0,25 y 6,66 minutos (promedio= 1,57; DE= 1,467; IC= 1,19-1,95). El análisis de correlación entre LST y TA fue no significativo ($r = 0,190$; $p = 0,146$) y el máximo TA correspondió a un ejemplar de 25 mm de LST y 39 mm de LT (Fig. 1).

La LST de los 97 machos de cola corta estudiados varió entre 16 y 29,6 mm. Este lote fue distribuido en seis intervalos de clases, en la Tabla 1 se indican los valores de LST y TA promedio y DE para cada intervalo. El análisis de correlación entre LST y TA fue significativo ($r = 0,8652$; $p = 0,0260$), el máximo TA (127 mín) correspondió a un ejemplar de 28,2 mm de LST y 38 mm de LT (Fig. 1).

La LST de las 108 hembras analizadas varió entre 12 y 50 mm, y fueron agrupadas en seis intervalos de clases, en la Tabla 2 se indican los valores de LST y TA promedio y DE, para cada intervalo. El análisis de correlación entre LST y TA fue significativo ($r = 0,9484$; $p = 0,0001$), el máximo TA (272 min) corres-

Tabla 1. Tiempo de arrastre (minutos) para machos de cola corta de *Poecilia reticulata*, según su talla. Se indica además el número de ejemplares (N) y las longitudes estándar media (LST mm).

Intervalo de LST	N	LST promedio-DE	Tiempo de arrastre promedio-DE
<18	16	17,56 - 0,6993	6,61 - 6,6144
18,1-20	16	19,54 - 0,4905	23,33 - 33,3120
20,1-22	17	21,36 - 0,5578	24,10 - 34,5015
22,1-24	16	23,30 - 0,5586	24,89 - 19,9393
24,1-26	16	24,84 - 0,5680	28,35 - 22,8278
>26,1	16	27,54 - 1,1656	41,06 - 37,8484

Tabla 2. Tiempo de arrastre (minutos) para las hembras de *Poecilia reticulata*, según su talla. Se indica además el número de ejemplares (N) y las longitudes estándar media (LST mm).

Intervalo de LST	N	LST promedio-DE	Tiempo de arrastre promedio-DE
<16	12	14,41 - 1,5078	1,20 - 0,9597
16,1-18	12	17,20 - 0,5291	4,32 - 3,8832
18,1-22	12	19,89 - 1,0958	13,38 - 20,0580
22,1-26	12	24,19 - 1,4939	14,27 - 22,0444
26,1-30	12	27,82 - 1,2612	25,22 - 35,3268
30,1-34	12	31,65 - 1,0673	23,10 - 28,4316
34,1-38	12	36,07 - 0,9698	44,08 - 76,0839
38,1-42	12	39,00 - 1,0427	50,54 - 58,0938
>42,1	12	44,59 - 2,1403	56,42 - 26,5269

pondió a un ejemplar de 35,0 mm de LST y 44 mm de LT (Fig. 1).

En términos de promedios (Tablas 1 y 2) tanto los machos de cola corta como las hembras presentan tiempos de arrastre mayores que los machos de cola larga (Fig. 1). El análisis de la varianza entre tiempos de arrastre de machos de cola corta y hembras fue no significativo ($F = 0,057$; $p = 0,811$). Sólo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$; $t = 2,183$) entre los machos cola corta de mayor talla (27,54 mm) y las hembras de 24,19 mm (Fig. 1) o menores.

El análisis de regresión a partir de los valores medios de LST y TA (Tabla 1 y 2) fue positivo y significativo en machos de cola corta y hembras. El tiempo de arrastre aumenta de manera multiplicativa con la talla de los animales, respondiendo al siguiente modelo:

machos cola corta: $TA = 0,00085 \cdot LST^{3,279}$

$R^2 = 74,9\%$ $N = 6$

hembras: $TA = 0,00063 \cdot LST^{3,094}$

$R^2 = 89,9\%$ $N = 9$

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Distintas poblaciones de *Poecilia reticulata*, aún muy próximas geográficamente, muestran una gran variación en cuanto al color de los machos, morfología, estrategias de vida y comportamiento (Pitcher, 1993). Esta especie tiene una amplia popularidad como pez de acuario. Ha sido introducida desde antiguo, en algunos casos como control de mosquitos, en numerosas regiones de América, Europa, África y Asia (Rosen & Bailey, 1963), generando poblaciones silvestres en al menos tres casos: EE.UU (Page & Burr, 1991), Sudáfrica (Skelton, 1993) y Paraguay (M.G. Quintana *com. pers.*). No se han mencionan machos de cola larga de estas poblaciones.

Para aparearse, la hembra de este poecílido selecciona visualmente al macho en base a sus ornamentaciones: coloración, longitud de la aleta dorsal y forma de la aleta caudal (Endler & Houde, 1995). La presión de predación va a determinar el comportamiento de la hembra, y el predominio

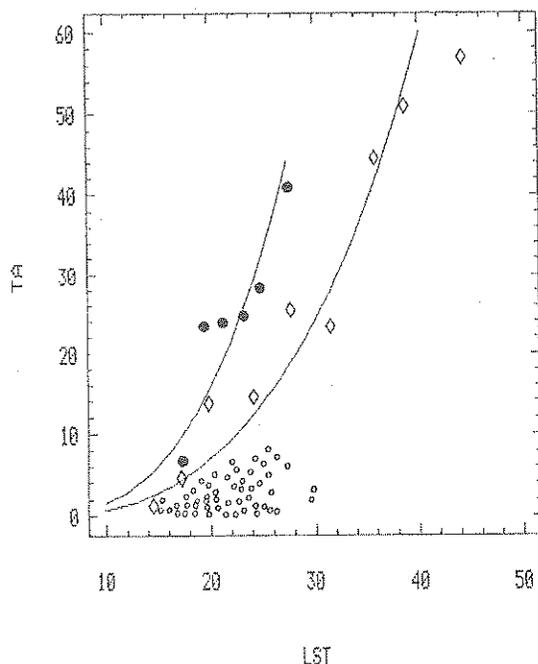


Fig. 1. Diagrama de dispersión y recta de regresión multiplicativa entre el tiempo de arrastre (TA expresado en minutos) y la longitud estándar (LST en mm) para machos de cola corta (círculos llenos) y hembras (rombos) de *Poecilia reticulata*. Los machos de cola larga se representan con círculos vacíos.

de los diversos morfotipos en una determinada localidad (Godin & Briggs, 1996). Cuando no hay predación, la hembra se aparea con los machos más coloridos (Breden *et al.*, 1995), que en general son los que muestran mayor desarrollo de las aletas.

Estos resultados experimentales indican que los machos de cola larga tienen una capacidad de natación notablemente menor que la de las hembras, por lo que no podrían alcanzar a una hembra para aparearse. Esto constituye un argumento a favor de Breden *et al.* (1995), quienes demostraron que estos machos coloridos son seleccionados visualmente por las hembras para fecundar.

Los datos aquí obtenidos muestran que en la mayoría de los casos no existen diferencias importantes respecto a la capacidad de natación entre los machos de cola corta y las hembras. Por ejemplo, un tiempo promedio de arrastre de 25 min es alcanzado por machos de cola corta de 23,3 mm de LST o por hembras de 27,8 mm (Tablas 1 y 2). Sólo los machos más grandes tienen una ca-

pacidad de natación tal que puedan fecundar a las hembras virginales, o juveniles de talla igual o menor a 24,19 mm.

Para tamaños comparables, machos de cola corta y hembras de *Poecilia reticulata* presentan tiempos de arrastre ligeramente mayores que los registrados en condiciones similares por Trenti *et al.* (1999) en el anablépido *Jenynsia lineata*, y son mucho mayores que en el poecilido *Cnesterodon decemmaculatus*.

En general, los peces de cuerpo subcilíndrico son tipos intermedios entre especialistas de natación sostenida y especialistas de aceleración (Webb, 1984). Los resultados obtenidos en *Poecilia reticulata* lo ubican en una posición intermedia, ya que muestra tiempos de arrastre mucho mayores que los encontrados en especialistas en maniobra, de cuerpo comprimido, como *Cichlasoma biocellatum* y *Cichlasoma facetum* (González Naya, 2002).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a César Román-Valencia (Universidad de Quindío, Colombia) y Juan J. López Gappa (MACN) por la lectura crítica del primer manuscrito. El presente trabajo fue parcialmente financiado por el CONICET (PIP N° 4738).

BIBLIOGRAFIA

- Breden, F., D. Novinger & A. Schubert. 1995. The effect of experience on mate choice in the Trinidad guppy, *Poecilia reticulata*. *Environm. Biol. Fish.* 42(3):323-328.
- Brett, J.R. 1964. The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 21(5):1183-1228.
- Endler, J.A. & A.E. Houde. 1995. Geographic variation in female preferences for male traits in *Poecilia reticulata*. *Evolution*, 49(3):456-468.
- Godin, J.G.J. & S.E. Briggs. 1996. Female mate choice under predation risk in the guppy. *Anim. Behaviour*, 51(1):117-130.
- 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*. Editorial Astyanax, Azul. 46-52 pp.
- Gómez, S.E., J. González Naya & A. Giusto. 2002. Natación de *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842) (Pisces, Cichlidae), en condiciones experimentales. I Congreso 'Osvaldo Reig' de Vertebradología Básica y Evolutiva e Historia y Filosofía de la Ciencia. Univ. CAECE, Buenos Aires, marzo 2002. Resúmenes, p. 30.
- González 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.
- Jobling, M. 1995. *Environmental biology of fishes*. Chapman and Hall, Fish and Fisheries Series 16, London, 455 pp.
- Page, L.M. & B.M. Burr. 1991. *A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico*. Houghton Mifflin Company, Boston, 432 pp.
- Pitcher, T.J. 1993. *Behaviour of Teleost Fishes*. Chapman and Hall, London, 715 pp.
- Rosen, E.D & M. Bailey. 1963. The poeciliid fishes (Cyprinodontiformes), their structure, Zoogeography and Systematics. *Bulletin of American Museum of Natural History*, 126(1):1-76.
- Skelton, P. 1993. *A complete guide to the freshwater fishes of southern Africa*. Southern Book Publishers, Pittsburg, 388 pp.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Blume Ediciones, 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*. Plenum Publishing Corporation, New York. 519-531.
- Webb, P.W. 1984. Form and function in fish swimming. *Scientific American*, 25(1):72-82.

Recibido: 30-VII-2002

Aceptado: 30-IX-2002