

CAPACIDAD DE NATACION EN *Gymnogeophagus meridionalis* (PISCES, CICHLIDAE)

M. J. GONZÁLEZ NAYA, S. E. GÓMEZ & L. RAMÍREZ

Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia». Av. Angel Gallardo 470 – C 1405
DJR Ciudad de Buenos Aires , Argentina. sgomez@macn.gov.ar

ABSTRACT

The cichlidae are recognized as maneuver specialists characterized by low cruising speeds and some acceleration capacity. In this work the swimming capacity of *Gymnogeophagus meridionalis* and the relation it has with some morphometric variables were experimentally evaluated under laboratory conditions and compared with others cichlid species. Using a flow chamber where the water flowed at a constant velocity of 6.8 cm.s⁻¹, fatigue times (TA) between 84 and 853 min were obtained for 10 specimens between 22.9 and 70.0 mm of standard length (Lst). The maximum swimming speed was estimated in 5.5 Lst.s⁻¹ and the cruising speed was approximately 2.0 Lst.s⁻¹. Comparatively, *G. meridionalis*' average fatigue time (376.1 min) was longer than that mentioned for *C. facetum* (169.1 min) and shorter than preliminary data of *Crenicichla* sp. These differences are related to the corporal morphology. Whereas *Crenicichla* sp. presented the most elongated body shape with an average body height as a percent of Lst (AC%) about 22%; inside the orbicular cichlids group, *G. meridionalis* and *C. facetum* presented AC% of 43.2 y 47.5% respectively. The differences in swimming capacity between *Gymnogeophagus meridionalis* and *C. facetum*, both maneuver specialists, could be owed to a smaller body height and a narrow caudal peduncle.

Key words: swimming speed, maneuver specialist, corporal morphology.

INTRODUCCIÓN

En términos generales los peces de la Flia. Cichlidae presentan un modo de natación que los ubica como «especialistas en maniobra». La capacidad de maniobra es una mezcla de cualidades locomotoras relacionadas con la morfología comprimida, posición e inserción de las aletas, en peces de hábitos sedentarios y complejos comportamientos sociales y reproductivos. La inserción vertical de las aletas pectorales permite ampliar las capacidades de movimiento. Una de ellas es la habilidad de mantenerse en una posición fija en el agua por medio del movimiento de «remo o abanicado». Otra es la capacidad de acelerar a

partir de una posición inicial de reposo sin utilizar el pedúnculo caudal realizando un movimiento simultaneo de ambas aletas pectorales de forma repentina, como de palmada, hacia los lados del cuerpo (Gosline, 1973). La inserción vertical también permite la maniobra precisa en hábitats estructuralmente complejos como son los litorales vegetados donde estos peces viven. En tales ambientes utilizan refugios y se alimentan en superficies orientadas en cualquier dirección de modo que para alcanzarlas el pez debe realizar pequeños impulsos propulsores de considerable precisión.

La capacidad de maniobra usualmente se estima a través del «tiempo de arrastre» y se caracteriza por una

baja velocidad de crucero y cierta capacidad de aceleración. La velocidad de crucero es aquella que puede ser mantenida por 200 o más minutos (Beamish, 1978), y usualmente se encuentra entre 1 y 3 Lst.s⁻¹ (Jobling, 1995).

En la Argentina el género *Gymnogeophagus* está representado por 6 especies (López *et al.*, 2003), todas pueden ser consideradas de interés ornamental. Entre éstas, *G. meridionalis*, es la que presenta la distribución más austral y se la encuentra en las lagunas de la cuenca del Salado compartiendo el hábitat con *Cichlasoma facetum* aunque su abundancia es mucho menor. *G. meridionalis* alcanza los 88 mm de Lst y presenta hábitos alimentarios micro y mesoanimalívoros.

En este trabajo se evaluó experimentalmente bajo condiciones de laboratorio, la capacidad de natación de *G. meridionalis* y la relación que ésta tiene con algunas variables morfométricas que permiten la comparación con otras especies de cíclidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 10 ejemplares de *Gymnogeophagus meridionalis* capturados en la Laguna Salada de Monasterio (35° 47' LS, 57° 52' LW), mantenidos en laboratorio con agua corriente declarada (salinidad = 0,26 g.l⁻¹, pH = 6,8 y conductividad = 352 µS.cm⁻¹). Previamente a los ensayos los individuos fueron aclimatados durante siete días a 25 °C. Para las mediciones del «tiempo de arrastre» (TA: en min) se utilizó la metodología y túnel de corriente de agua descritos por Trenti *et al.* (1999). La técnica básicamente consiste en introducir un ejemplar en el túnel sin circulación de agua, a continuación se aumenta la velocidad de corriente muy rápidamente hasta un valor prefijado y constante (V) de 6,77 cm.s⁻¹ (DE = 0,089) y se mide el tiempo

que transcurre hasta que el animal es arrastrado fuera del túnel. El túnel está compuesto por un tubo de acrílico de 105 cm de longitud y 5,60 cm de diámetro por donde el agua circula impulsada por una bomba a velocidad constante.

Para cada individuo además del TA se registraron: longitud total (Lt: en mm), longitud estándar (Lst: en mm), peso fresco en gramos (g), altura del cuerpo como porcentaje de Lst (AC%), longitud de la cabeza como porcentaje de Lst (LC%), y el índice de condición ($K = [P \cdot 10^5] \cdot Lst^{-3}$). Los TA obtenidos se analizaron en función de las variables morfométricas y de la velocidad relativa de natación (VR) donde para cada ejemplar $VR = V/Lst$.

Los TA y AC% promedios se compararon con los datos correspondientes a *C. facetum*, tomados de Gómez *et al.* (2003) mediante tests de «t».

RESULTADOS

La temperatura media de experimentación fue de 25,27 °C (DE = 0,4031). A mayores tamaños corporales, Lst o peso, le correspondieron TA mayores. Para ejemplares entre 22,9 y 70,0 mm de Lst se obtuvieron TA variables comprendidos entre 84 y 853 minutos (Tabla 1).

En la Tabla 2 se indican los coeficientes de correlación entre los distintos pares de variables en su forma lineal. No se encontró correlación entre las variables morfométricas AC%, LC% y K y las variables relacionadas con la capacidad de natación (TA y VR).

Con un modelo multiplicativo de regresión, se estableció una relación positiva y significativa ($p < 0,01$) entre tiempo de arrastre y Lst (Figura 1):

$$TA = 0,11679 \cdot Lst^{2,0998}$$

$$R^2 = 91,39\%$$

Tabla 1. Tiempo de arrastre (TA) en *Gymnogeophagus meridionalis*. 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), velocidad relativa de natación (VR) y velocidad de circulación del agua (V). Se señalan los valores medios (\bar{X}) y desviación estándar entre paréntesis.

Lt(mm)	Lst(mm)	P(g)	TA(min)	AC%	LC%	K	VR (Lst.s ⁻¹)	V(cm.s ⁻¹)
31,1	22,9	0,4	84	43,67	36,68	3,330	2,69	6,78
37,6	29,0	0,8	100	41,03	31,38	3,281	2,32	6,74
42,5	31,3	1,3	174	42,17	35,46	4,239	2,16	6,77
50,0	37,2	1,8	218	42,47	34,67	3,497	1,76	6,56
56,0	42,5	2,9	369	43,53	31,76	3,770	1,59	6,78
55,3	43,3	2,7	283	41,80	35,10	3,326	1,57	6,78
60,0	46,1	3,1	583	43,17	33,62	3,164	1,48	6,81
65,0	50,1	5,0	472	46,11	31,14	3,976	1,38	6,92
86,0	68,7	12,5	625	43,67	31,15	3,855	0,98	6,76
87,5	70,0	14,7	853	44,29	34,29	4,286	0,97	6,82
$\bar{X} = 57,10$ (18,722)	$\bar{X} = 44,11$ (15,663)	$\bar{X} = 4,52$ (4,989)	$\bar{X} = 376,1$ (253,31)	$\bar{X} = 43,19$ (1,413)	$\bar{X} = 32,53$ (3,135)	$\bar{X} = 3,67$ (0,410)	$\bar{X} = 1,69$ (0,559)	$\bar{X} = 6,77$ (0,089)

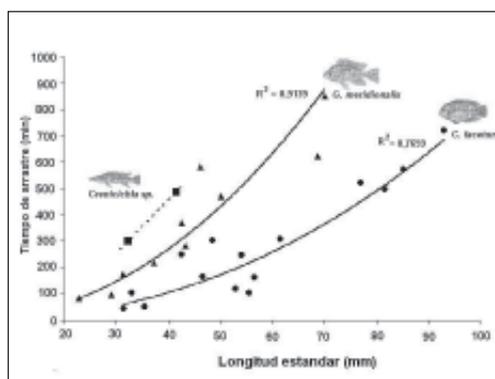


Figura 1. Diagrama de dispersión y curva de regresión multiplicativa entre el Tiempo de arrastre (en minutos) y la Longitud estándar (en milímetros) para *Gymnogeophagus meridionalis* (triángulos). Se indican además los datos para *Cichlasoma facetum* (círculos) tomados de Gómez *et al.* (2003) y datos preliminares para *Crenicichla* sp. (cuadrados).

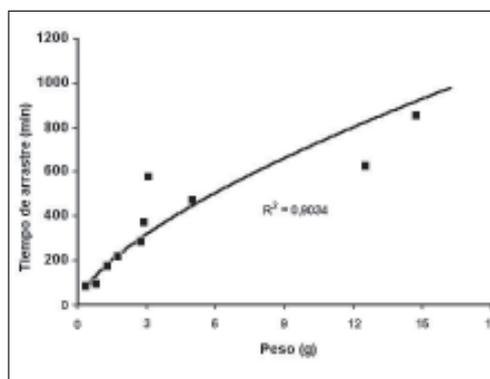


Figura 2. Diagrama de dispersión y curva de regresión multiplicativa entre Tiempo de arrastre (en minutos) y Peso (en gramos) para *Gymnogeophagus meridionalis*.

Con el mismo tipo de análisis se obtuvo una relación positiva y significativa ($p < 0,01$) entre TA y peso (Figura 2):

$$TA = 154,6879 \cdot \text{peso}^{0,66166}$$

$$R^2 = 90,34\%$$

La velocidad relativa de natación (VR) varió entre 0,97 y 2,69 ($\bar{X} = 1,69$) y se correlacionó negativamente con el tiempo de arrastre ($r = -0,8775$, Tabla 2). En base a esta correlación negativa se determinó la relación:

$$TA = \exp^{(7,77066 - 1,21486 \cdot VR)}$$

$$R^2 = 90,89\%$$

Error estándar
de la pendiente = 0,136012;

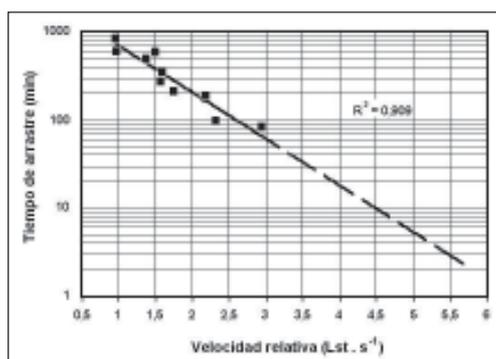
Error estándar
de la intercepción = 0,246689;

Esta relación y los 10 puntos experimentales se muestran en un diagrama de dispersión en escala logarítmica (Figura 3).

En términos de promedio el TA de

Tabla 2. Matriz de correlación entre las ocho variables indicadas. Abreviaturas como en Tabla 1 (*significativo con $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; $n = 10$).

	TA	Lt	Lst	P	AC%	LC%	K	VR
TA	1	0,9436**	0,9406**	0,8866**	0,5582	-0,3177	0,4439	-0,8775**
Lt		1	0,9989**	0,9406**	0,5058	-0,4132	0,5050	-0,9423**
Lst			1	0,9490**	0,4893	-0,4133	0,4921	-0,9336**
P				1	0,4623	-0,2940	0,5738	-0,7860**
AC%					1	-0,2560	0,4548	-0,4007
LC%						1	-0,1067	0,4873
K							1	-0,4199
VR								1

**Figura 3.** *Gymnogeophagus meridionalis*, diagrama de dispersión y línea de tendencia entre el Tiempo de arrastre (minutos) y la Velocidad relativa (Lst.s⁻¹).

Gymnogeophagus meridionalis fue 376,10 minutos (Tabla 1) tiempo significativamente mayor ($p < 0,05$, $t = 2,5041$) que el obtenido para un subgrupo de 11 ejemplares de *C. facetum* con un TA promedio = 169,1 min (Gómez et al., 2003). Este subgrupo no presentó diferencias con *G. meridionalis* en el tamaño corporal ($p > 0,05$; $t = 0,5225$). Con respecto a la altura cuerpo se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$; $t = 5,7070$), siendo *C. facetum* más orbicular que *G. meridionalis*.

CONCLUSIONES

Aunque los cíclidos se califican como «maniobradores» por utilizar ampliamente las tres dimensiones espaciales, existen diferencias en la capacidad de natación, al menos a nivel genérico, relacionadas con las

características morfológicas de cada especie.

El examen del diagrama de dispersión y línea de tendencia (Figura 3) muestran que la condición de la velocidad de crucero o su equivalente (TA = 200 min) sólo se cumple en todos los individuos cuando la VR es igual o menor a 2 Lst.s⁻¹. La velocidad máxima de natación puede ser estimada por extrapolación en 5,5 Lst.s⁻¹ (Figura 3), una velocidad que puede ser mantenida por muy corto tiempo, esta estimación debe corroborarse con experimentos adicionales utilizando diversas velocidades de corriente.

Comparativamente los tiempos de arrastre obtenidos para *G. meridionalis* fueron significativamente mayores que los mencionados para ejemplares de *C. facetum*. de similar Lst, y menores que datos preliminares de *Crenicichla* sp. (Figura 1). Estas diferencias se relacionan con la morfología corporal. *Crenicichla* sp. presenta la forma más elongada, con una altura de cuerpo promedio próxima al 22%. Dentro de los cíclidos «orbiculares» *G. meridionalis* es más elongado que *C. facetum*, presentando alturas de cuerpo promedio de 43,2 y 47,5% respectivamente.

La variable AC% estima el grado de orbicularidad del pez. Un individuo que posee un perfil de disco o romboidal, cuerpo relativamente alto, corto y comprimido, presenta menor resistencia a la rotación en el plano vertical medio del cuerpo. Las aletas oscilantes proporcionan la fuerza impulsora y se ubican cerca del centro de masa corporal de manera que en cualquier

plano pueden ejercerse empujes pequeños y precisos.

No obstante de tratarse de dos especialistas en maniobra la mayor capacidad de natación de *G. meridionalis* respecto a *C. facetum* puede ser atribuida a una menor altura del cuerpo y a un pedúnculo caudal más estrecho, estas dos características en un plano de morfología funcional (Webb, 1984) están asociadas con una mayor capacidad de natación.

Se necesitan diseños experimentales que permitan cuantificar de manera totalmente objetiva la capacidad de maniobra para la comparación entre especies. El estudio de otras variables morfométricas como por ejemplo la superficie total de las aletas y la altura mínima del pedúnculo caudal, podría contribuir a una mejor caracterización de los especialistas en maniobra.

BIBLIOGRAFÍA

- Beamish, F. W. S.** 1978. Swimming capacity. En: Hoar W. S. & D. J. Randall (eds.): Fish Physiology. Academic Press, New York, 101-187.
- Gómez, S.; Gonzalez Naya, J. & A. Giusto.** 2003. Velocidad de natación de un especialista en maniobra, *Cichlasoma facetum* (Jenyns) (Pisces, Cichlidae), en condiciones experimentales. Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s. 5(1): 87-92.
- Gosline, W. A.** 1973. Functional morphology and classification of teleostean fishes. The University Press of Hawaii, Honolulu 208p.
- Jobling, M.** 1995. Environmental biology of fishes. Fish and Fisheries 16. Chapman and Hall, London 455p.
- López, H. L.; A. M. Miquelarena & R. C. Menni.** 2003. Lista comentada de los peces continentales de la Argentina. Probiota, Serie Técnica y Didáctica 5: 1-87.
- Trenti, P. S.; S.E. Gómez & R.A. Ferriz.** 1999. Capacidad de natación en tres peces pampásicos. APRONA 13(38): 2-9.
- Webb, P. W.** 1984. Form and function in fish swimming. Scientific American 251(1): 72-82.