

## MORFOLOGÍA DE *Lapillus* DE SILURIFORMES PARANO-PLATENSES

D. V. FUCHS<sup>1</sup> & A. V. VOLPEDO<sup>1, 2, 3</sup>

*1* Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, C1428EGA Buenos Aires, Argentina.

*2* Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua (CETA), Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Av. Chorroarín 280 (C1427CWO)-CABA.

*3* CONICET.

danifuchs@bg.fcen.uba.ar

**ABSTRACT.** The otoliths of fishes are complex polycrystalline, composed mainly by calcium carbonate. The *lapillus* is usually the most conspicuous otolith in Siluriform fishes. Studies of siluriforms' otoliths are scarce at world level. In this paper are studied the *lapilli* of *Ageneiosus inermis*, *Auchenipterus nuchalis*, *Callichthys callichthys*, *Corydoras paleatus*, *Pterodoras granulosus*, *Rhinodoras dorbignyi*, *Pimelodella gracilis*, *Pimelodella laticeps*, *Rhamdia quelen*, *Hypostomus commersoni*, *Loricariichthys anus*, *Paraloricaria vetula*, *Iheringichthys labrosus*, *Luciopimelodus pati*, *Parapimelodus valenciennis*, *Pimelodus albicans*, *Pimelodus argenteus*, *Pimelodus maculatus* and *Sorubim lima*. Fish standard length was registered in millimeters. The otoliths were extracted, described and photographed, and a dichotomical key was made. The results showed that *lapilli* otoliths of the studied species have a great morphological variability; this could be associated to the diversity and ecological plasticity of the siluriforms group. The morphological features that can be used to differentiate the *lapilli* of the studied species are: otolith shape, *sulcus* features, *cisure*, internal face depression and *lapillus* edges. The values of index EL (AOL/LOL)x100 were different in each family of siluriforms. The species of *Loricariidae* present the highest values of EL (>80%), the species of *Doradidae* present the lowest values (53-55%) and the other species present intermediate values.

**Key words:** otoliths, *lapillus*, siluriformes, Parano-Platenses fishes.

**Palabras clave:** otolitos, *lapillus*, siluriformes, peces Parano-Platenses.

### INTRODUCCIÓN

Los otolitos de los teleósteos son complejos cuerpos policristalinos, compuestos principalmente por carbonato de calcio, que se encuentran inmersos dentro de una matriz orgánica (Carlström, 1963; Gauldie, 1993; Campana, 1999). Están ubicados en el oído interno de los peces óseos y están asociados con la función auditiva y del equilibrio (Popper y Lu, 2000).

Los otolitos son utilizados como herramientas en estudios que abarcan diversos aspectos como: paleoecología (Nolf, 1995), paleobiogeografía (Elder

*et al.*, 1996), filogenia (Assis, 2003; 2005), edad y crecimiento (Francis y Campana, 2004), determinación de stocks pesqueros (Campana, 2005; Volpedo y Fernández Cirelli, 2006; Volpedo *et al.*, 2007), monitoreo ambiental (Burke *et al.*, 1993), migraciones verticales y horizontales de peces (Campana *et al.*, 2007), ecología trófica (Nonogaki *et al.*, 2007) y ecomorfología (Torres *et al.*, 2000; Tuset *et al.*, 2003; Volpedo y Echeverría, 2003; Volpedo *et al.*, 2008).

De los tres pares de otolitos, generalmente para los estudios antes mencionados, se utiliza la *sagitta* porque

posee un mayor tamaño que los demás otolitos. Sin embargo, en el caso del orden de los Siluriformes el *lapillus* suele ser el otolito más conspicuo; el siguiente en tamaño sería el *asteriscus* y por último la *sagitta* (Frost, 1925).

Los estudios sobre la morfología de los otolitos de Siluriformes son escasos. Estos trabajos han sido iniciados en peces de América del Norte por Adams (1940) y Tilak (1963). En años recientes Assis (2003; 2005) estudió la morfología del *asteriscus* y del *lapillus* de diversas especies de teleosteos de la costa portuguesa y su asociación con la filogenia. En la Argentina, son limitados los trabajos sobre los otolitos de los Siluriformes, restringiéndose a los estudios realizados por Mollo (1981) en Siluriformes de la Laguna de Chascomús (Buenos Aires) y a los realizados por Martínez y Monasterio de Gonzo (1991) en los ríos Bermejo y Juramento (Salta).

Los objetivos de este trabajo son caracterizar morfológicamente los *lapilli* de los Siluriformes Parano-Platenses y elaborar una clave dicotómica para su identificación, estableciendo los patrones morfológicos de la cara interna, externa y vista lateral de los *lapilli*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudian 462 ejemplares, representantes de 6 familias de Siluriformes, procedentes de la provincia zoogeográfica Parano-Platense, que es la que presenta la mayor biodiversidad íctica (Menni, 2004; López y Miquelarena, 2005). Las especies estudiadas y su procedencia se presentan en la Tabla 1. Los ejemplares provienen de la pesca deportiva y comercial que se desarrolla en el área Parano-Platense.

De cada individuo se registra la longitud estándar (LS) en mm, se les extraen los otolitos *lapilli*, se los describe y fotografía. Se elabora una clave dicotómica para identificar las especies estudiadas en base a la morfología de sus *lapilli*, en ella se

utiliza la nomenclatura propuesta por Fuchs (2008). Además se registran los siguientes caracteres morfométricos: el ancho máximo (AOL) y la longitud máxima del *lapillus* (LOL) en mm con microscopio estereoscópico con un error menor a 0,01mm. Se aplica el índice morfométrico EL:  $(AOL/LOL) \times 100 \%$ , que evidencia la tendencia en la forma del *lapillus*, Fuchs (2008).

## RESULTADOS

Los *lapilli* de las especies estudiadas presentan una gran variabilidad morfológica. Es por ello que no se puede establecer su patrón morfológico en el nivel taxonómico de orden, sino a nivel específico.

Los representantes de la familia *Auchenipteridae* presentan *lapillus* de forma cuadrangular u oblonga. No presentan excisura, y la presencia de escotadura es variable. El *sulcus* es variable. No presentan depresión en la cara interna. Los bordes son irregulares, la cara interna puede ser ligeramente convexa o plana y la externa es plana.

En los callictidos estudiados los *lapilli* presentan forma oblonga. No presentan excisura pero sí escotadura. El *sulcus* es de tipo extendido. Los bordes del *lapillus* son variables.

En el caso de la familia *Doradidae* los *lapilli* presentan forma elongada. Cuentan con excisura, pudiendo tener o no escotadura, el *sulcus* es variable y puede existir una depresión en la cara interna. Los bordes son irregulares, la cara interna es convexa y la externa cóncava u ondulada.

Los *lapilli* de la familia *Heptapteridae*, presentan en general forma cuadrangular (excepto los de *P. laticeps* que poseen forma subcircular), además tienen variabilidad en la presencia de excisura y escotadura y en el tipo de bordes. La cara interna es ligeramente convexa y la externa puede ser convexa u ondulada. El *sulcus* es de tipo abierto.

**Tabla 1.** Especies estudiadas, tallas y procedencia. LS: longitud estándar (mm); se presentan los valores mínimos y máximos de LS; n: número de ejemplares.

Especie	n	LS	Procedencia
<i>Auchenipteridae</i>			
<i>Ageneiosus inermis</i>	6	130-440	Río de La Plata, Punta Lara.
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	1	108	Río Paraná.
<i>Callichthyidae</i>			
<i>Callichthys callichthys</i>	2	60-110	Laguna de Chascomús.
<i>Corydoras paleatus</i>	17	29-63	Laguna de Chascomús, Laguna de Lobos.
<i>Doradidae</i>			
<i>Pterodoras granulosus</i>	9	294-370	Río de La Plata, Río Uruguay.
<i>Rhinodoras dorbignyi</i>	2	143-160	Río Uruguay.
<i>Heptapteridae</i>			
<i>Pimelodella gracilis</i>	13	86-130	Río Uruguay.
<i>Pimelodella laticeps</i>	53	23-107	Laguna de Chascomús.
<i>Rhamdia quelen</i>	43	94-320	Río Salado, Laguna de Chascomús, Laguna de Lobos, Laguna de Monte.
<i>Loricariidae</i>			
<i>Hypostomus commersoni</i>	12	195-330	Punta Lara, Laguna de Chascomús, Río Uruguay.
<i>Loricariichthys anus</i>	41	89-445	Río de La Plata, Laguna de Chascomús, Laguna de Lobos.
<i>Paraloricaria vetula</i>	7	320-422	Río de La Plata, Playa municipal (Santa Fe).
<i>Pimelodidae</i>			
<i>Iheringichthys labrosus</i>	9	76-240	Río de La Plata, Río Sarmiento, Río Paraná.
<i>Luciopimelodus pati</i>	28	105-970	Río de La Plata, Río Sarmiento, Río Paraná, Río Uruguay, Boca cerrada (Santa Fe).
<i>Parapimelodus valenciennis</i>	127	51-240	Río de La Plata, Río Sarmiento, Río Salado, Laguna de Chascomús.
<i>Pimelodus albicans</i>	49	38-345	Río de La Plata, Río Sarmiento, Río Salado, Río Paraná, Punta Lara.
<i>Pimelodus argenteus</i>	4	105-150	Río de La Plata, Río Sarmiento.
<i>Pimelodus maculatus</i>	21	44-235	Río de La Plata, Río Luján, Punta Lara.
<i>Sorubim lima</i>	18	24-142	Río Paraná, Punta Lara.

**Tabla 2.** Rango de valores de los caracteres morfométricos (AOL y LOL) e índice EL de los otolitos lapilli para las diferentes especies estudiadas. LOL: largo máximo del otolito lapillus; AOL: ancho máximo del otolito lapillus; LS: longitud estándar del pez; EL: (AOL/LOL)x100; X: valor medio; DE: desvío estándar. \* No se presenta el valor del DE por tratarse de un solo ejemplar.

Familia Especie	LS (mm)	LOL (mm) X ± DE	AOL (mm) X ± DE	EL X ± DE
<i>Auchenipteridae</i>				
<i>A. inermis</i>	130-440	2,17 ± 0,76	1,5 ± 0,57	69 ± 4
<i>A. nuchalis</i> *	108	2,30	1,50	65
<i>Callichthyidae</i>				
<i>C. callichthys</i>	60-110	1,55 ± 0,49	1,05 ± 0,35	68 ± 1
<i>C. paleatus</i>	29-63	1,12 ± 0,19	0,71 ± 0,14	64 ± 5
<i>Doradidae</i>				
<i>P. granulatus</i>	294-370	4,13 ± 0,41	2,27 ± 0,25	55 ± 4
<i>R. dorbignyi</i>	143-160	2 ± 0	1,05 ± 0,07	53 ± 4
<i>Heptapteridae</i>				
<i>P. gracilis</i>	86-130	2,50 ± 0,32	1,68 ± 0,21	67 ± 6
<i>P. laticeps</i>	23-107	2,05 ± 0,7	1,51 ± 0,55	73 ± 6
<i>R. quelen</i>	94-320	3,55 ± 1,06	2,21 ± 0,62	62 ± 3
<i>Loricariidae</i>				
<i>H. commersoni</i>	195-330	1,99 ± 0,38	1,58 ± 0,24	80 ± 4
<i>L. anus</i>	89-445	1,83 ± 0,65	1,49 ± 0,47	83 ± 8
<i>P. vetula</i>	320-422	2,17 ± 0,32	1,89 ± 0,31	87 ± 7
<i>Pimelodidae</i>				
<i>I. labrosus</i>	76-240	2,22 ± 0,67	1,49 ± 0,3	69 ± 7
<i>L. pati</i>	105-970	2,99 ± 1,03	2,36 ± 0,89	79 ± 7
<i>P. valenciennis</i>	51-240	2,41 ± 0,63	1,52 ± 0,38	64 ± 6
<i>P. albicans</i>	38-345	2,39 ± 1,02	1,6 ± 0,64	69 ± 7
<i>P. argenteus</i>	105-150	1,90 ± 0,40	1,43 ± 0,32	75 ± 3
<i>P. maculatus</i>	44-235	1,83 ± 0,78	1,36 ± 0,52	76 ± 6
<i>S. lima</i>	24-142	1,78 ± 0,44	1,15 ± 0,24	65 ± 4

En la familia *Loricariidae*, los *lapilli* poseen forma subcircular o globosa, o sea que en estas especies el eje de deposición del carbonato de calcio en el *lapillus* es dorso-ventral, a diferencia del resto de los Siluriformes estudiados. Los *lapilli* de los loricáridos no presentan excisura ni escotadura, pueden presentar o no una depresión en la cara interna. Su tipo de *sulcus* es variable. Los bordes y ambas caras son variables.

Para la familia *Pimelodidae*, los *lapilli* presentaron gran variabilidad en todos los caracteres morfológicos estudiados tanto en el aspecto general del otolito como en la topografía de la cara interna. Esta variabilidad se ma-

nifestó en la forma del otolito (oblongo o cuadrangular), en la presencia de escotadura, excisura y depresión en la cara interna, en el *sulcus* y en los bordes.

Las características morfológicas que permiten diferenciar entre sí a los *lapilli* de las especies estudiadas en este trabajo son: la forma del otolito, el tipo del *sulcus*, la escotadura, la excisura, la depresión ubicada en la cara interna y los bordes.

En la Tabla 2, se observa que si bien los otolitos de *P. granulatus*, *R. quelen* y *L. pati* presentaron los valores más altos en el ancho y largo del otolito *lapilli* estos valores están asociados a que los peces de estas especies presentaron las tallas más gran-

des. Lo mismo se observa en el caso de *C. callichthys* y *C. paleatus*, aunque en este caso se trata de los valores más bajos, siendo estos los ejemplares de tallas más pequeñas.

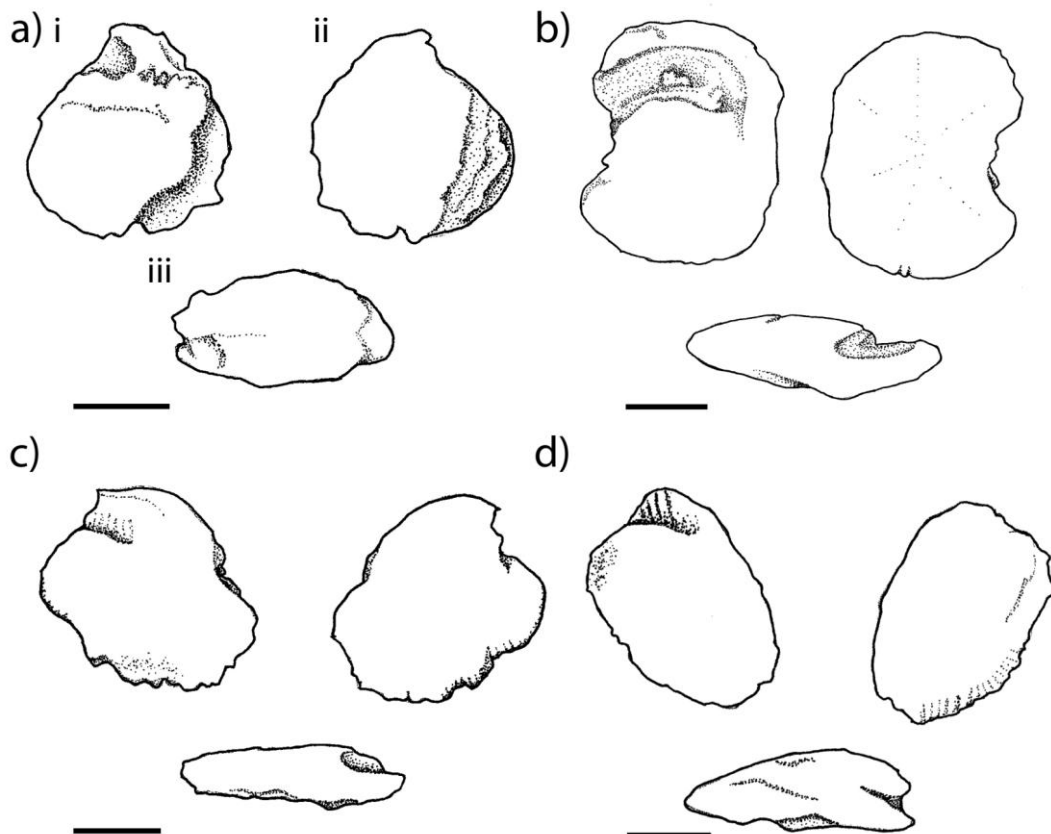
Los valores del índice EL (AOL/LOL) x100 se presentan en la Tabla 2. Las especies pertenecientes a la familia *Loricariidae* presentan los valores de EL mayores (>80%), mientras que los

de la familia *Doradidae* presentan los menores valores (53-55%); el resto de las especies presentan valores intermedios.

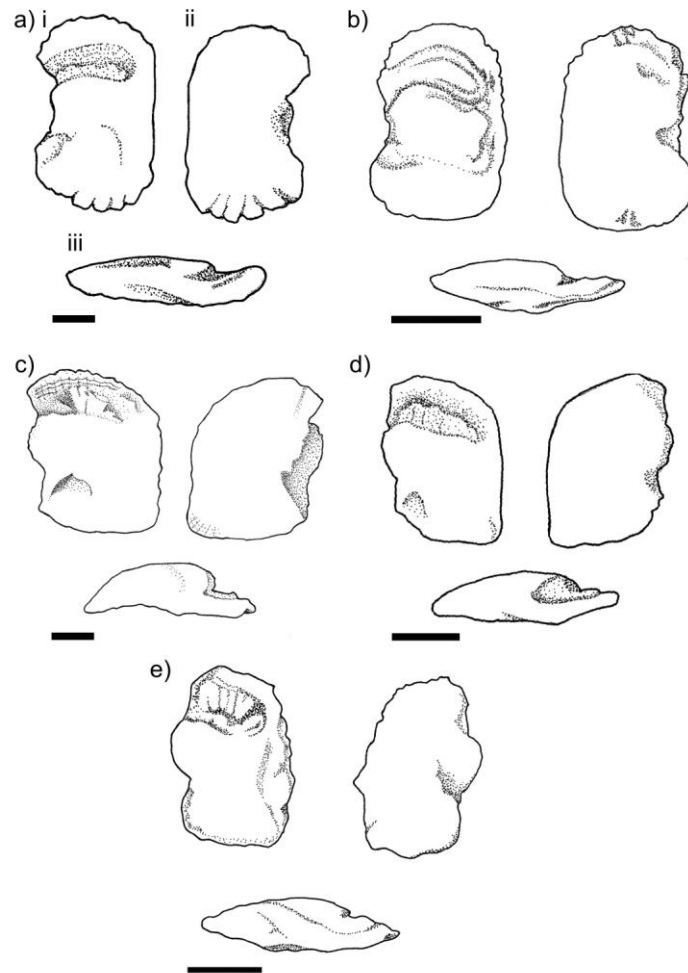
### Clave de identificación de Siluriformes a través de la morfología de los lapilli

- 1.- Forma globosa o subcircular.....2
- 1´- Forma cuadrangular, elongada u oblonga.....5
- 2.- Forma globosa, *sulcus* abierto y breve. No presenta excisura ni escotadura. La meseta es prominente. Tiene una depresión en la cara interna que abarca las tres cuartas partes posteriores del borde dorsal.....*P. vetula* (Figura 1a)
- 2´- Forma subcircular.....3
- 3.- *Sulcus* abierto. Sin excisura, con escotadura.....*P. laticeps* (Figura 1b)
- 3´- *Sulcus* extendido.....4
- 4.- Bordes ventral y dorsal irregulares. En vista laterodorsal la cara interna es plana y la externa es ondulada. El extremo posterior posee estrias.....*H. commersoni* (Figura 1c)
- 4´- Borde ventral irregular, borde dorsal regular. En vista laterodorsal la cara interna es convexa y la externa es plana.....*L. anus* (Figura 1d)
- 5.- Forma cuadrangular.....6
- 5´- Forma elongada u oblonga.....10
- 6.- Con *sulcus* abierto.....7
- 6´- Con *sulcus* extendido.....8
- 7.- Con excisura y escotadura, con meseta no extendida.....*R. quelen* (Figura 2a)
- 7´- Sin excisura ni escotadura, con meseta extendida hasta donde convergen el borde dorsal y el extremo posterior.....*P. gracilis* (Figura 2b)
- 8.- Con escotadura y excisura. Con depresión profunda en la cara interna, de forma redondeada, ubicada posterior a la meseta y próxima al borde ventral.....*P. albicans* (Figura 2c)
- 8´- Con escotadura, sin excisura. Depresión en la cara interna, si está presente, es somera.....9
- 9.- Con depresión somera en la cara interna, posterior a la meseta y cercana al borde ventral. Con bordes regulares.....*P. argenteus* (Figura 2d)
- 9´- Sin depresiones en la cara interna. Con bordes irregulares.....*A. inermis* (Figura 2e)
- 10.- Forma elongada.....11
- 10´- Forma oblonga.....12
- 11.- Con *sulcus* abierto. Con excisura. Con depresión en la cara interna, ubicada paralela al borde dorsal, ocupando desde la mitad del otolito hasta el extremo posterior. Presenta una meseta muy marcada .....  
.....*P. granulatus* (Figura 4a)
- 11´- Con *sulcus* extendido. Con excisura y escotadura.....  
.....*R. dorbignyi* (Figura 4b)
- 12.- Con escotadura y excisura.....13

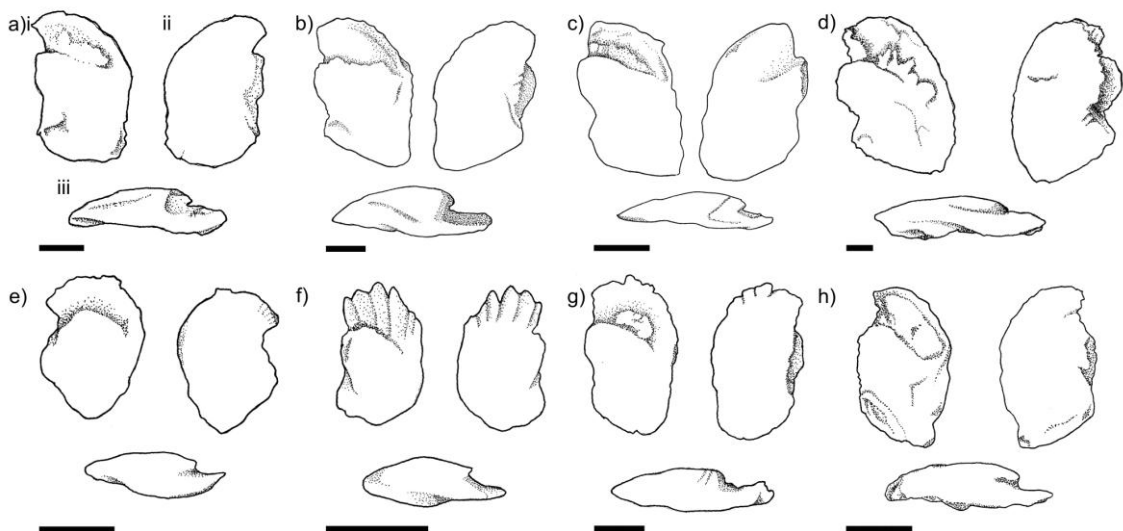
- 12´- Sólo una de las dos características (con escotadura, sin excisura ó con excisura, sin escotadura) ó ambas ausentes.....16
- 13.- Con *sulcus* abierto. Con depresión somera en la cara interna, ubicada en el sitio donde contactan el borde ventral con el extremo posterior.....  
.....*P. valenciennis* (Figura 3a)
- 13´- Con *sulcus* extendido.....14
- 14.- Con depresión en la cara interna ubicada posterior a la meseta y próxima al borde ventral. Con bordes regulares .....  
.....*P. maculatus* (Figura 3b)
- 14´- Sin depresión en la cara interna .....15
- 15.-Con bordes irregulares.....*I. labrosus* (Figura 3c)
- 15´- Con bordes regulares.....*L. pati* (Figura 3d)
- 16.- Con excisura, sin escotadura.....17
- 16´- Sin excisura.....18
- 17.- Con bordes regulares. En vista laterodorsal la cara interna es plana y la cara externa es convexa.....*C. callichthys* (Figura 3e)
- 17´- Con bordes irregulares. En vista laterodorsal la cara interna es levemente cóncava y la cara externa es plana.....*C. paleatus* (Figura 3f)
- 18.- Con escotadura. Con una muesca en el extremo posterior, cercana al borde dorsal.....*S. lima* (Figura 3g)
- 18´- Sin escotadura. Sin muescas en el extremo posterior.....  
.....*A. nuchalis* (Figura 3h)



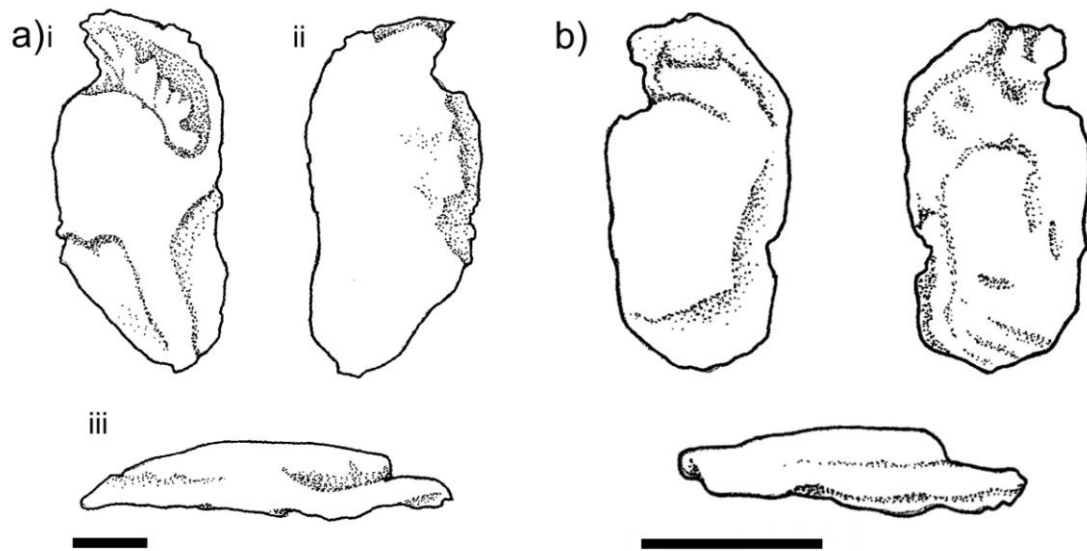
**Figura 1.** Esquema de lapilli de formas subcircular y globosa. a) *P. vetula*, b) *P. laticeps*, c) *H. commersoni* y d) *L. anus*. i-cara interna, ii-cara externa, iii-cara laterodorsal. Escala 1mm.



**Figura 2.** Esquema de lapilli de forma cuadrangular. a) *R. quelen*, b) *P. gracilis*, c) *P. albicans*, d) *P. argenteus* y e) *A. inermis*. i-cara interna, ii-cara externa, iii-cara laterodorsal. Escala 1mm.



**Figura 3.** Esquema de lapilli de forma oblonga. a) *P. valenciennis*, b) *P. maculatus*, c) *I. labrosus*, d) *L. pati*, e) *C. callichthys*, f) *C. paleatus*, g) *S. lima*, y h) *A. nuchalis*. i-cara interna, ii-cara externa, iii-cara laterodorsal. Escala 1mm.



**Figura 4.** Esquema de lapilli de forma elongada. a) *P. granulatus* y b) *R. dorbignyi*. i- cara interna, ii- cara externa, iii- cara laterodorsal. Escala 1mm.

## DISCUSIÓN

El otolito *lapillus* de las especies estudiadas presenta una gran variabilidad morfológica, lo que coincide con lo encontrado por Martínez y Monasterio de Gonzo (1991) y Mollo (1981) al estudiar los otolitos de otros Siluriformes (de la provincia de Salta y la Laguna de Chascomús respectivamente). Esto podría estar asociado a la diversidad del grupo y a la plasticidad ecológica del mismo (De Pinna, 1998; Menni, 2004). Es por ello que no se puede establecer un patrón morfológico de los *lapilli* en el nivel taxonómico de orden, sino a nivel específico.

Los otolitos pueden presentar cinco formas predominantes: forma oblonga, elongada, cuadrangular, subcircular y globosa (Fuchs, 2008). La forma oblonga es la más frecuente, la poseen el 42% de las especies estudiadas, por lo que podemos decir que el carbonato de calcio se deposita preponderantemente en el eje antero-posterior de los otolitos *lapilli*, como lo indican Martínez y Monasterio de Gonzo (1991). Sin embargo en algunas especies, como

las de la familia *Loricariidae*, el predominio de deposición del carbonato de calcio presente en la endolinfa del oído interno, se presenta en el eje dorso-ventral. En esta familia el índice EL presenta valores mayores al 80%, siendo sus otolitos de forma subcircular o globosa. Los *lapilli* de los Siluriformes presentan dos tipos de *sulcus* el abierto y el extendido. El *sulcus* extendido es el más frecuente en los *lapilli* del grupo (67%). Los porcentajes de presencia de escotadura, excisura y depresión en la cara interna del *lapillus* son variables.

El otolito *lapillus* de los Siluriformes presenta una gran variabilidad morfológica, que reflejaría la diversidad del grupo tanto en su filogenia como en los ambientes que frecuentan. Esta variabilidad también se refleja en su morfometría donde Volpedo y Fuchs (2009) hallaron diferencias significativas entre los *lapilli* de diferentes ecotipos de siluriformes. La forma del *lapillus* así como las características de la topografía de la cara interna son caracteres diagnósticos, por lo que estas estructuras pueden ser utiliza-



das en estudios de ecología trófica. En este trabajo se ha descrito por primera vez la morfología del *lapillus* de *A. inermis*, *A. nuchalis*, *R. dorbignyi*, *H. commersoni*, *P. vetula*, *P. gracilis*, *I. labrosus* y *L. pati*.

Los otolitos son una herramienta de gran importancia en la conservación de la biodiversidad de ictiófagos ya que permiten identificar a las "presas claves" en su dieta y elaborar las tramas tróficas de una región; por lo que este tipo de trabajos debieran intensificarse a fin de contar con elementos para la conservación de ictiófagos en la región Parano-Platense.

### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Buenos Aires (UBACyT X 504), a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) y al CONICET por el apoyo financiero.

### BIBLIOGRAFÍA

- Adams, L. A.** 1940. Some characteristic otoliths of American Ostariophysi. *Journal of Morphology*, 66 (3): 497-527.
- Assis, C. A.** 2003. The lagenar otoliths of teleosts: their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. *Journal of Fish Biology*, 62: 1268-1295.
- Assis, C. A.** 2005. The utricular otoliths, *lapilli*, of teleosts: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. *Scientia Marina*, 69(2): 259-273.
- Burke, J. S., D. S. Peters y G. Y. Hanson.** 1993. Morphological indices and otolith microstructure of Atlantic croaker, *Micropogonias undulatus*, as indicators of habitat quality along an estuarine pollution gradient. *Environmental Biology of Fishes*, 36: 25-33.
- Campana, S. E.** 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 188: 263-297.
- Campana, S. E.** 2005. Otolith elemental composition as a natural marker of fish stocks. *En: Cadrin, S. X., K. D. Friedland and J. R. Waldman (Eds), Stock Identification Methods*, Academic Press, N.Y.: 227-245.
- Campana, S. E., A. Valentín, J. M. Sevigny y D. Power.** 2007. Tracking seasonal migrations of redbfish (*Sebastes* spp.) in and around the Gulf of St. Lawrence using otolith elemental fingerprints. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64: 6-18.
- Carlström, P.** 1963. A crystallographic study of vertebrate otolith. *The Biological Bulletin (Woods Hole)*, 125: 441-463.
- De Pinna, M. C. C.** 1998. Phylogenetic relationship of Neotropical Siluriformes (Teleostei: Ostariophysi): History overview and synthesis of hypotheses. *En: L. R. Malabarba, R. R. Reis, R. P. Vari, Z. M. Lucena y C. A. S. Lucena (Eds), Phylogeny and Classification of Neotropical fishes*, Porto Alegre, Edipucrs: 279-330.
- Elder, K. L., G. A. Jones y G. Bolz.** 1996. Distribution of otoliths in superficial sediment of the US. Atlantic continental shelf and slope and potential for reconstructing Holocene fish stocks. *Paleoceanography*, 11(3): 359-367.
- Francis, R. I. C. C. y S. E. Campana.** 2004. Inferring age from otolith measurements: a review and a new approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61: 1269-1284.
- Frost, G. A.** 1925. A comparative morphology of the otoliths of the Neopterygian fishes (Ostariophysi). *The Annals of the Magazine of Natural History*, 16: 433-446.
- Fuchs, D. V.** 2008. Patrones Ecomorfológicos del otolito en Siluriformes Parano-Platenses. Tesis de Licenciatura, Universidad de

- Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Gauldie, R. W.** 1993. Polymorphic crystalline structure of fish otoliths. *Journal of Morphology*, 218: 1-28.
- López, H. L. y A. M. Miquelarena.** 2005. Biogeografía de los peces continentales de la Argentina. *En*: J. Llorente Bousquets y J. J. Morrone (Eds.), Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines, Primeras Jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y entomología sistemática (RIBES XII.I-CYTED), México, D. F., 1° Edición: 509-550.
- Martínez, V. y G. Monasterio de Gonzo.** 1991. Clave de identificación de algunos peces siluriformes en base al estudio de sus otolitos. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral*, 22(2): 253-263.
- Menni, R. C.** 2004. Peces y ambientes en la Argentina continental. *Monografías del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, Buenos Aires, Argentina, 5: 1-316.
- Mollo, S. M.** 1981. Otolitos de peces de la laguna de Chascomús (provincia de Buenos Aires). Análisis y consideraciones para su identificación en estudios tróficos. *Limnobiología*, 2(4): 253-263.
- Nolf, D.** 1995. Studies on fossil otoliths: The state of the art. *En*: D. H. Secor, J. M. Dean y S. E. Campana (Eds.), *Recent Developments in Fish Otolith Research*, University of South Carolina Press: 513-544.
- Nonogaki, H., J. A. Nelson y W. P. Patterson.** 2007. Dietary histories of herbivorous loricariid catfishes: evidence from  $\delta^{13}C$  values of otoliths. *Environmental Biology of Fishes*, 78: 13-1.
- Popper, A. N. y Z. Lu.** 2000. Structure-function relationship in fish otolith organs. *Fisheries Research*, 46: 15-25.
- Tilak, R.** 1963. Studies on the comparative morphology of the otoliths of Indian siluroids. *Zoologischer Anzeiger*, 173: 181-201.
- Torres, G. J., A. Lombarte y B. Morales-Nin.** 2000. Variability of the *sulcus acusticus* in the sagittal otolith of the genus *Merluccius* (Merlucciidae). *Fisheries Research*, 46: 5-13.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., A. González, J. F. Pertusa y M. J. Lorente.** 2003. Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology*, 63(6): 1491-1504.
- Volpedo, A. V. y D. D. Echeverría.** 2003. Ecomorphological patterns of the *sagitta* in fish associated with bottom marine shelf in the Mar Argentino. *Fisheries Research*, 60: 551-560.
- Volpedo A. V. y A. Fernández Cirelli.** 2006. Otolith chemical composition as a useful tool for sciaenids stock discrimination in Southwestern Atlantic. *Scientia Marina*, 70(2): 325-334.
- Volpedo, A. V., P. Miretzky y A. Fernández Cirelli.** 2007. Stocks pesqueros de *Cynoscion guatucupa* y *Micropogonias furnieri* de la costa atlántica de Sudamérica: comparación entre métodos de identificación. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 165: 115-130.
- Volpedo, A. V., A. D. Tombari y D. D. Echeverría.** 2008. Ecomorphological patterns of the *sagitta* of Antarctic fish. *Polar Biology*, 31(5): 635-640.
- Volpedo, A. V. y D. V. Fuchs.** 2009. Ecomorphological patterns of the *lapilli* of Paranoplatense Siluriforms (South America). *Fisheries Research* (*in press*)