

Reconstrucción filogenética de *Sphaeriidae* (Veneroida: Bivalvia) y la posición filogenética de *Pisidium chilense*Phylogenetic reconstruction of *Sphaeriidae* (Veneroida: Bivalvia) and phylogenetic position of *Pisidium chilense*Carmen Fuentealba-Jara¹, Guillermo D'Elia², Fidelina González³ y Cristian Franco-Jaccard⁴¹Instituto de Ciencias Naturales, Universidad de las Américas. Campus el Bodal, Av. Jorge Alessandri N° 1160 Concepción, Bío-Bío, Chile.²Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile. Campus Isla Teja s/n, Valdivia, Los Ríos, 5090000, Chile³Departamento de Biología Celular, Facultad de Ciencias Biológicas Universidad de Concepción. Campus Concepción, Barrio Universitario, Concepción, Bío-Bío, 4070386, Chile⁴Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Concepción. Campus Concepción, Av. Esteban S. Iturra s/n, Barrio Universitario, Concepción, Bío-Bío, 4070386, Chile
e-mail: cfuentea@udec.cl**Recibido:** 27 de enero de 2015.**Aceptado:** 28 de julio de 2016.Fuentealba-Jara, C., G. D'Elia, F. González y C. Franco-Jaccard. 2017. Reconstrucción filogenética de *Sphaeriidae* (Veneroida: Bivalvia) y la posición filogenética de *Pisidium chilense*. *Hidrobiológica* 27(1): 115-117.

RESUMEN

Antecedentes. La subfamilia Sphaeriinae de bivalvos de agua dulce está formado por tres géneros, *Musculium*, *Pisidium* y *Sphaerium*. Sin embargo, la monofilia de los dos últimos ha sido cuestionada en diferentes análisis filogenéticos. **Objetivos.** En este estudio se incorpora al análisis filogenético a *Pisidium chilense*, basado en secuencias del espaciador interno (ITS-1) nuclear ribosomal. **Métodos.** La matriz de datos se analizó bajo inferencia bayesiana y máxima parsimonia. Los resultados apoyan la monofilia de Sphaeriinae. **Resultados.** Los géneros *Pisidium* y *Musculium* son monofiléticos, mientras *Sphaerium* es parafilético respecto a *Musculium*. Al interior de *Pisidium*, las especies de América del Sur, y únicos representantes del subgénero *Afropisidium* incluido en el análisis, forman un grupo monofilético. **Conclusiones.** Antes de proponer escenarios biogeográficos o taxonómicos para Sphaeriinae es necesario realizar un muestreo taxonómico más intenso, al igual que ampliar el muestreo de caracteres para incluir *loci* nucleares. **Palabras clave:** *Afropisidium*, Chile, *Musculium*, Sphaeriidae, *Sphaerium*.

Palabras clave: *Afropisidium*, Chile, *Musculium*, Sphaeriidae, *Sphaerium*.

ABSTRACT

Background. The subfamily Sphaeriinae of freshwater bivalves is formed by three genera, *Musculium*, *Pisidium*, and *Sphaerium*. However, the monophyly of the latter two has been questioned in different phylogenetic analyses. **Goals.** In this study, we added *Pisidium chilense* to the phylogenetic analysis, based on sequences of nuclear ribosomal,

an internal transcribed spacer (ITS-1). **Methods.** The data matrix was analyzed with maximum parsimony and Bayesian inference. Results support the monophyly of Sphaeriinae. The genera *Pisidium* and *Musculium* are monophyletic, while *Sphaerium* is paraphyletic with respect to *Musculium*. Within *Pisidium*, the South American species and sole representatives included in this analysis of the subgenus *Afropisidium* formed a monophyletic group. **Conclusions.** Before advancing new biogeographic or taxonomic scenarios for Sphaeriinae, further analyses based on denser taxonomic and character sampling are needed.

Key words: *Afropisidium*, Chile, *Musculium*, Sphaeriidae, *Sphaerium*.

La familia *Sphaeriidae* de almejas “uña de dedo” se distribuye en Chile entre los 18°S y 56°S y habita en una gran variedad de ecosistemas dulceacuícolas (Fuentealba *et al.*, 2010). Actualmente, en Chile se reconoce un total de once especies, incluidas en los géneros *Sphaerium* (2 spp.), *Musculium* (2 spp.) y *Pisidium* (7 spp.). A pesar de que en los últimos años el conocimiento sobre los *Sphaeriidae* de Chile ha presentado avances considerables (e.g., Sobarzo *et al.*, 2002; Ituarte, 2007; Parada *et al.*, 2009; Jara-Sequel *et al.*, 2010, 2011), la familia aún no ha sido estudiada filogenéticamente. Los estudios filogenéticos de *Sphaeriidae* (e.g., Lee & ÓFoighil, 2003) han incorporado sólo a dos representantes sudamericanos, uno de Argentina y otro de Ecuador.

El presente estudio propone hipótesis filogenéticas para *Sphaeriidae* (basadas en caracteres moleculares), en las cuales se incorpora la especie endémica de Chile *Pisidium chilense* (d'Orbigny, 1846). Este muestreo taxonómico permite poner a prueba la monofilia de los géneros *Musculium*, *Pisidium* y *Sphaerium*, clásicamente reconocidos en la subfamilia *Sphaeriidae*.

Los análisis realizados se basaron en secuencias nucleotídicas del gen nuclear transcrito interno (ITS-I). Se incluyeron 42 especies de los géneros *Musculium*, *Pisidium* y *Sphaerium*, obtenidas de la base de datos del Genbank. Además, se incluyó la muestra de *Pisidium chilense*, colectada en la Laguna Chica de San Pedro, Región del Bio-Bío, Chile (73° 05' S; 73°10' O). El muestreo se completó con secuencias de los euperinos *Eupera cubensis* y *E. platensis*, que se usaron para conformar el grupo externo. En la Fig. 1 se indican los detalles de las secuencias analizadas. La reconstrucción filogenética se realizó mediante Máxima Parsimonia (MP) (Farris, 1982) e Inferencia Bayesiana (IB) (Rannala & Yang, 1996). El análisis de MP se realizó en el programa PAUP* 4.0b10 Swofford (2000), por medio de la interfaz gráfica PaupUp (Calendini &

Martín, 2005), con una búsqueda heurística (500 réplicas de adición de secuencias al azar) y el algoritmo de reconexión de ramas TBR. El soporte de los nodos fue evaluado mediante un análisis de *bootstrap* con 1000 réplicas. El análisis de IB se implementó en Bayes Phylogenies v 1.0 (Pagel & Meade, 2004), basado en el modelo General de Tiempo Reversible (GTR) (Rodríguez *et al.*, 1990). Fueron generadas nueve cadenas independientes (se obtuvieron aproximadamente 100'000,000 de árboles filogenéticos), muestreando cada 10,000 árboles para asegurar la independencia de los muestreos. El programa Bayes Trees 1.0 (Meade & Pagel, 2009) se utilizó para visualizar los árboles y estimar los valores de probabilidad posterior bayesiana (PPB).

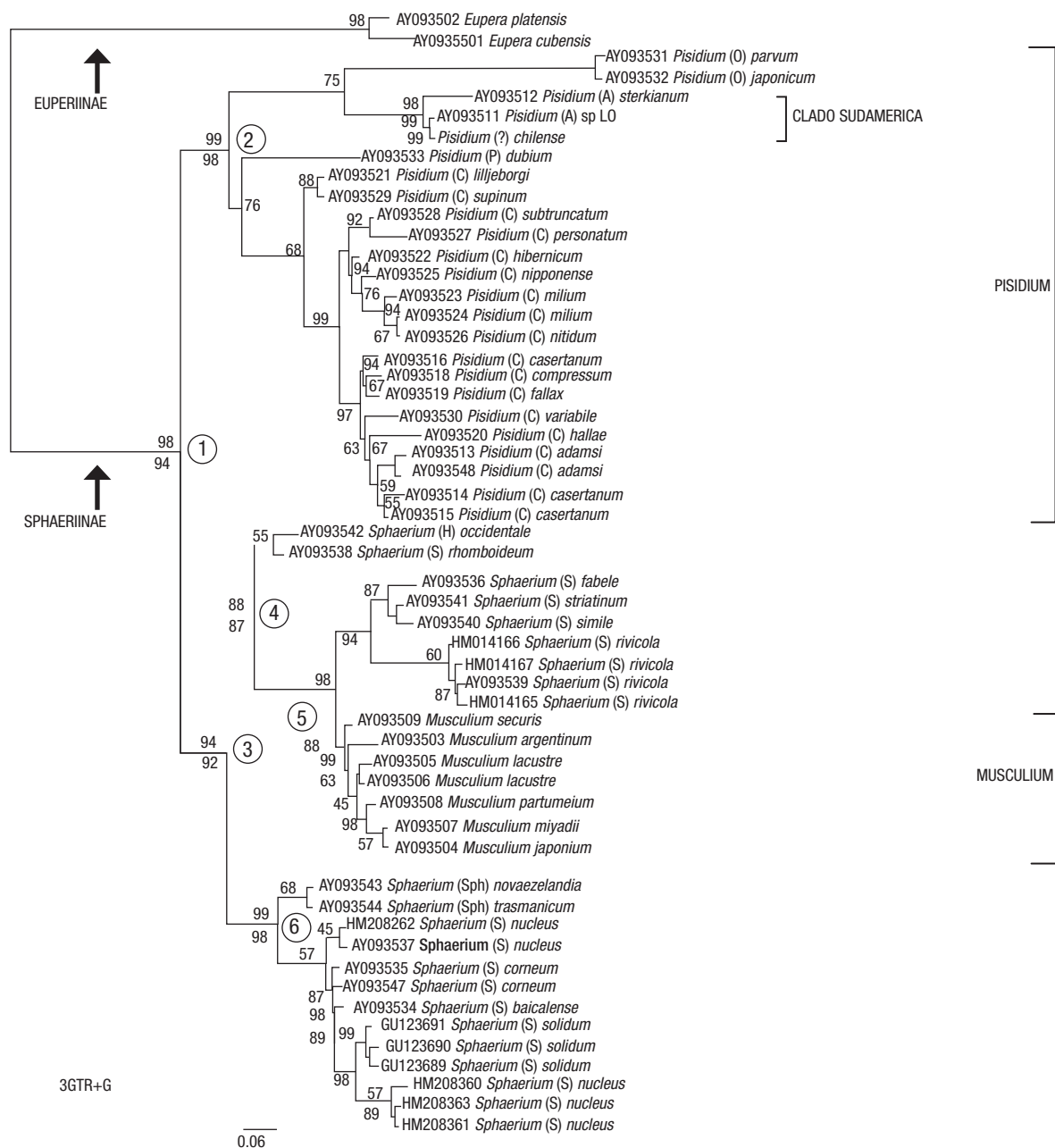


Figura 1. Árbol bayesiano consensuado por regla de la mayoría de Sphaeriidae. Sobre los nodos se muestran los valores de probabilidad a posteriori (PP) y bajo los nodos los valores de bootstrap (BS). Los círculos corresponden a los nodos de interés. Las flechas indican las subfamilias de Sphaeriidae.

En los dos análisis filogenéticos realizados se recuperó la misma topología (Fig. 1). *Sphaeriidae* es monofilética (PPB = 98, BS = 94), lo que es consistente con las reconstrucciones filogenéticas basadas en caracteres morfológicos (Dreher-Mansur & Meier-Brook, 2000; Korniuschin & Glaubrecht, 2002, 2006) y en secuencias nucleares y mitocondriales (Cooley & ÓFoighil, 2000; Lee & ÓFoighil, 2003). Los géneros *Musculium* (PPB = 99, BS = 98) y *Pisidium* (PP = 88, BS = 99) resultaron monofiléticos, y el género *Sphaerium* es parafilético respecto a *Musculium*. Cooley y O' Foighil (2000) y Lee y O'Foighil (2003) sólo recuperaron como monofilético a *Musculium* (anidado dentro de *Sphaerium*), lo que sugiere que *Musculium* sea reconocido como un subgénero de *Sphaerium*.

Las especies de *Sphaerium* forman cuatro clados principales, correspondientes a los subgéneros *Amesoda*, *Herringtonium*, *Sphaerinova* y *Sphaerium*, los que se relacionan entre sí y con *Musculium* de la siguiente forma: (*Sphaerium*, *Sphaerinova*) (*Herringtonium* (*Musculium*, *Amesoda*)). Esta topología sugiere que se deberían formalizar cambios taxonómicos, elevar a género los actuales subgéneros de *Sphaerium* o subsumir (como fue sugerido por Lee y O'Foighil, 2003) a *Musculium* bajo *Sphaerium*, lo que permite reconocer cinco subgéneros al interior del último.

La incorporación de *Pisidium chilense* en el análisis, permitió recuperar con fuerte soporte la monofilia de *Pisidium* s.l. Esto no invalida el uso de los géneros *Afropisidium*, *Cyclocalyx*, *Odhneripisidium* y *Pisidium* s.s., ni tampoco su reconocimiento como subgéneros de *Pisidium*, ya que el presente análisis también los recupera como monofiléticos. De igual forma, se recupera con fuerte apoyo un clado integrado por las tres especies sudamericanas de *Pisidium* incluidas en el análisis: *P. chilense* de Chile, *P. sterkianum* Pilsbry, 1897 de Argentina y *Pisidium* sp. de Ecuador; i.e., el clado *Afropisidium*. Sin embargo, antes de proponer escenarios biogeográficos o taxonómicos para *Sphaeriidae* es necesario realizar un muestreo taxonómico más intenso y ampliar el muestreo de caracteres para incluir *loci* nucleares.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue parcialmente financiado por FONDECYT 1141055.

REFERENCIAS

- CALENDINI, F. & J. F. MARTIN. 2005. Paup UP versión, 1.0.3.1. A free graphical frontend for PAUP* software. Available at: <http://www.agromontpellier.fr/sppe/Recherche/JFM/PaupUp> (downloaded January 5, 2015).
- COOLEY, L. R. & D. O. FOIGHIL. 2000. Phylogenetic analysis of the Sphaeriidae (Mollusca: Bivalvia) based on partial mitochondrial 16S rDNA gene sequences. *Invertebrate Biology* 119: 299-308. DOI: 10.1111/j.1744-7410.2000.tb00016.x
- DREHER-MANSUR, M. C. & C. MEIER-BROOK. 2000. Morphology of *Eupera Bourguignat*, 1854 and *Byssanodonta Orbigny*, 1846 with contributions to the phylogenetic systematics of Sphaeriidae and Corbiculidae (Bivalvia, Veneroida). *Archiv für Molluskenkunde* 128: 1-59.
- FARRIS, J. S. 1982. The logical basis of phylogenetic analysis. In: Platnick, N. & V. Funk, (Eds.). *Advances in Cladistics*. Proceedings of the Second Meeting of the Willi Hennig Society. Columbia University Press, New York, USA, pp. 7-36.
- FUENTEALBA, C., J. J. MORRONE & R. FIGUEROA. 2010. Análisis de endemismo de moluscos dulceacuícolas de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 289-298. DOI: 10.4067/S0716-078X2010000200009
- ITUARTE, C. 2007. Las especies de *Pisidium* Pfeiffer de Argentina, Bolivia, Chile, Perú y Uruguay (Bivalvia-Sphaeriidae). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 9 (2): 169-203.
- JARA-SEGUEL, P., E. PARADA, S. PEREDO, C. PALMA-ROJAS & E. VON BRAND. 2010. Nuclear DNA content in two Chilean species of *Pisidium* (Veneroida: Sphaeriidae). *Journal of Shellfish Research* 29 (1): 101-106. DOI: 10.2983/035.029.0102
- JARA-SEGUEL, P., S. PEREDO, E. VON BRAND & E. PARADA. 2011. Some aspects of the reproductive biology of two populations of *Musculium argentinum* (D'Orbigny, 1835) (Bivalvia: Sphaeriidae) from southern Chile. *Journal of Shellfish Research* 30 (2): 287-294. DOI: 10.2983/035.030.0214
- KORNIUSHIN, A. V. & M. GLAUBRECHT. 2002. Phylogenetic analysis based on the morphology of viviparous freshwater clams of the family Sphaeriidae (Mollusca, Bivalvia, Veneroida). *Zoologica Scripta* 31 (5): 415-459. DOI: 10.1046/j.1463-6409.2002.00083.x
- KORNIUSHIN, A. & M. GLAUBRECHT. 2006. Anatomy and reproduction of viviparous *Pisidium* (*Parapisidium*) *reticulatum* Kuiper, 1966: implications for the phylogeny of Sphaeriidae (Mollusca: Bivalvia: Heterodonta). *Organism, Diversity and Evolution* 6: 185-195. DOI: 10.1016/j.ode.2005.09.003
- LEE, T. & D. Ó FOIGHIL. 2003. Phylogenetic structure of the Sphaeriinae, a global clade of freshwater bivalve molluscs, inferred from nuclear (ITS-1) and mitochondrial (16S) ribosomal gene sequences. *Zoological Journal of the Linnean Society* 137: 245-260. DOI: 10.1046/j.1096-3642.2003.00047.x
- MEADE, A. & M. PAGEL. 2009. Software Bayes trees V.1.3. Available on line at: <http://www.evolution.reading.ac.uk/BayesTrees>. (downloaded February 25, 2012).
- PAGEL, M. & A. MEADE. 2004. A phylogenetic mixture model for detecting pattern-heterogeneity in gene sequence or character-state data. *Systematic Biology* 53: 571-581. DOI: 10.1080/10635150490468675
- PARADA, E., S. PEREDO & P. JARA-SEGUEL. 2009. Registro actual de especies del género *Musculium* Link, 1807 (Bivalvia: Sphaeriidae) en Chile con notas sobre morfología y biometría de sus poblaciones. *Gayana* 73: 49-56. DOI: 10.4067/S0717-65382009000100008
- RANNALA, B. & Z. YANG. 1996. Probability distribution of molecular evolutionary trees: a new method of phylogenetic inference. *Journal of Molecular Evolution* 43: 304-311. DOI: 10.1007/BF02338839
- RODRÍGUEZ, F., J. F. OLIVER, A. MARIN & J. R. MEDINA. 1990. The general stochastic model of nucleotide substitution. *Journal of Theoretical Biology* 142: 485-501. DOI: 10.1016/S0022-5193(05)80104-3.
- SOBARZO, C., P. JARA-SEGUEL, S. PEREDO & E. PARADA. 2002. Primer registro de *Musculium argentinum* (d'Orbigny, 1835) (Bivalvia: Sphaeriidae) en aguas continentales chilenas. *Gayana Zoología* 66 (1): 39-43. DOI: 10.4067/S0717-65382002000100006
- SWOFFORD, D. 2000. PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and other Methods), version 4.0. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA, USA.