

NOTA CIENTÍFICA

# Evidencia de diferenciación sexual en la almeja *Ameghinomya antiqua* de la costa chilena y su proporción de sexos

Evidence of sexual differentiation in the clam *Ameghinomya antiqua* from the Chilean coastline and its sex ratio

Valentina Prida<sup>1</sup>, Andrea Valenzuela<sup>1</sup> y Marcela P. Astorga<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile, Casilla 1327, Puerto Montt, Chile. \*Autor de correspondencia: [marcelaastorga@uach.cl](mailto:marcelaastorga@uach.cl)

**Abstract.-** *Ameghinomya antiqua* is one of the most exploited bivalves in Chile, however, the limited information available on its reproductive biology does not allow proper fishery management decisions to be made. The presence of sexual dimorphism and the sex ratios for this species were detected by observation of gonads extracted from specimens collected from Carelmapu and Quellón, southern Chile. One group of specimens showed milky-white gonads with oocytes (females) while the other exhibited orange gonads with spermatocytes (males). The sex ratio obtained in Carelmapu was 1:1.1 ( $P > 0.05$ ), with 48.5% males and 51.5% females; in Quellón, the sex ratio was 1:1.01 ( $P > 0.05$ ), with 49.77% males and 50.23% females. We found that dimorphism can be assessed by rapid visual observation of the gonads. Our study proposes an easier and faster way of identifying gender in *Ameghinomya antiqua*, allowing proper monitoring.

**Key words:** *Ameghinomya antiqua*, bivalve, gonads, sexual dimorphism

## INTRODUCCIÓN

La almeja *Ameghinomya antiqua* (King, 1832) anteriormente denominada *Venus antiqua* (Pérez *et al.* 2013), es un molusco bivalvo de alta importancia económica, con desembarques de alrededor de 13.845 t. en 2016, posicionándolo como uno de los principales bivalvos explotados a nivel nacional (SERNAPESCA 2018). Actualmente, esta especie no posee normativas regulatorias para su extracción, lo cual puede aumentar la presión de pesca por parte de pescadores artesanales. Por estos motivos, el conocimiento básico de su biología reproductiva, como la diferenciación sexual entre machos y hembras, son elementos cruciales para el adecuado manejo de su pesquería. Se ha registrado que la almeja *A. antiqua* presenta una proporción sexual de 1:1 (Lozada & Bustos 1984, Gallardo & Weber 1996) y sobre su biología reproductiva existen diferentes estudios (Osorio & Bahamonde 1968, Osorio *et al.* 1979, Lozada & Bustos 1984, Reyes *et al.* 1995, Stead *et al.* 1997, Osorio 2002, Zúñiga 2002, IFOP 2003, Jaramillo *et al.* 2003). Esta especie es dioica, con fecundación externa sin dimorfismo sexual como la mayoría de los moluscos bivalvos. Sin embargo, las gónadas presentan una coloración diferencial entre macho y hembra (Coe 1943, Sastry 1979, Morton 1991, Heller 1993).

Para muchas especies el dimorfismo sexual puede ser definido como una diferencia sistemática de rasgos

fenotípicos entre individuos de sexos diferentes pertenecientes a la misma especie (Shine 1989). Esta condición es común para la mayoría de las especies (Abouheif & Fairbairn 1997), pero es inusual en moluscos (Purchon 1977). En algunos caracoles es posible observar diferencias entre machos y hembras al analizar variaciones de tamaño y forma de la concha a través de morfometría tradicional y geométrica (Pastorino 2007, Minton & Wang 2011). En el caso de los moluscos bivalvos, algunas especies dioicas no presentan dimorfismo externo (Reichenbach *et al.* 2012) y estas diferencias se podrían evidenciar sólo de manera de interna. Es así, que en algunos mitílidos se aprecian diferencias de color en las gónadas masculinas y femeninas (FUNDAME 2004). Por ejemplo, en la especie *Aulacomya atra*, el macho presenta gónadas de color amarillo y las hembras gónadas de color café oscuro, lo que permite una clara y rápida determinación del sexo una vez que alcanza la madurez sexual (Lozada *et al.* 1971). Dado estos antecedentes se evaluó determinar la presencia de dimorfismo sexual a través de la coloración gonadal y estimar la proporción sexual en la almeja *A. antiqua*, con el fin de establecer la diferenciación entre hembras y machos en la especie, siendo de utilidad como antecedente para la identificación de sexos en el medio natural y facilitar la obtención este dato de manera ágil en terreno o laboratorio, para el seguimiento de la pesquería de este recurso.

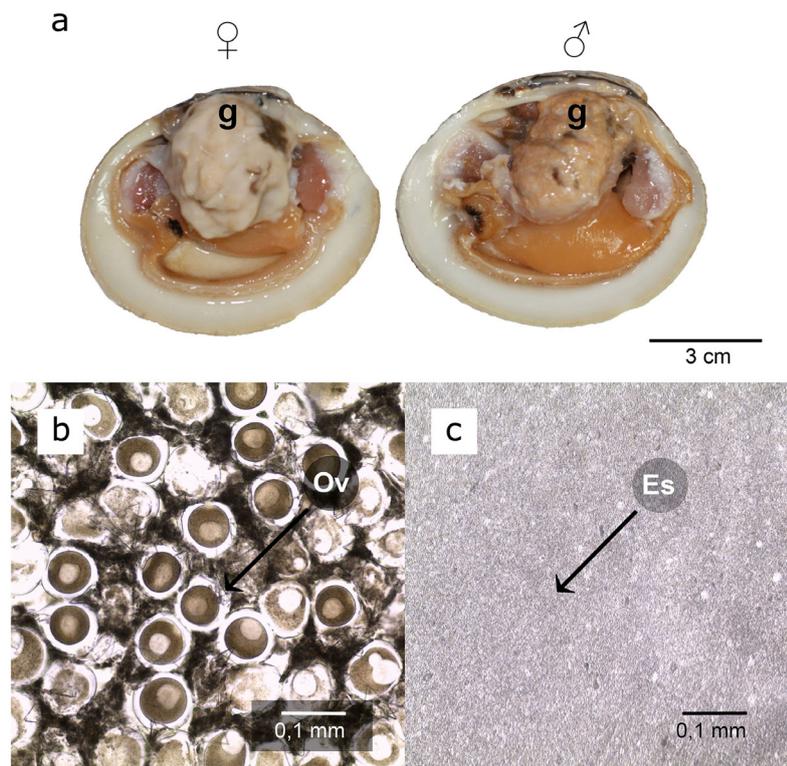
## MATERIALES Y MÉTODOS

Para evidenciar la diferenciación sexual en *A. antiqua*, se recolectaron alrededor de 30 individuos mensualmente entre septiembre 2016 y agosto 2017, desde las localidades de Carelmapu, sector Los Corrales (41°29'S-73°27'O) y Quellón, sector El Yelcho (43°7'S-73°19'O), ambos en la Región de los Lagos, Chile. Se obtuvo un total de 456 y 430 individuos, respectivamente. Se seleccionaron individuos que estuvieran sobre la talla de primera maduración sexual, es decir, sobre los 36,3 mm para machos y 36,7 para hembras (Araya & Bahamondes 2013). Las almejas fueron diseccionadas en el laboratorio de microscopía de la Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt, observando el color de la gónada para identificar y diferenciar individuos hembras y machos. Para determinar la existencia de diferenciación sexual en la especie, se diseccionaron aproximadamente 30 individuos hasta obtener un mínimo de 10 réplicas de ejemplares que presentaran gónada anaranjada y 10 réplicas de ejemplares que tuvieran gónada blanquecina. A cada uno de ellos, se le realizó un frotis del tejido de la gónada para ser observada bajo microscopio óptico Leica DM500, y poder corroborar de esta forma, la presencia de espermatoцитos u ovocitos

en las muestras previamente sexadas según el color de la gónada. Para evaluar la proporción de sexos, ya sea en total como para cada periodo, se calculó la frecuencia de hembras y machos por separado en relación al total de individuos y luego se estimó la razón entre el número de machos y hembras para cada mes en cada localidad. A fin de conocer si la proporción entre ambos sexos mostraba diferencias significativas de la relación esperada de 1:1, se empleó la prueba de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson, con un nivel de significancia de un  $\alpha=0,05$  a través del programa estadístico R v.3.0.2 (R Core Team 2013). Este análisis se realizó para el total anual de las muestras y también separado por localidad y por mes. Las diferencias entre localidades se realizaron mediante una prueba de *t* entre dos muestras asumiendo varianzas iguales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar las gónadas de hembras y machos de *A. antiqua*, se observó un grupo de individuos que presentaron una gónada blanquecina (Fig. 1a, izquierda), los cuales bajo la vista del microscopio mostraron una gran cantidad de ovocitos (Fig. 1b), siendo identificados como hembras. Asimismo, se observó otro grupo de individuos con gónadas



**Figura 1.** Individuos hembra (♀) y macho (♂) sexualmente maduros de *Ameghinomya antiqua*. a) Imagen de los individuos en los que se observa la coloración de la gónada (g), ya sea blanquecina para hembra y anaranjada para macho, b) Vista microscópica a 10x del frotis de gónada blanquecina con abundancia de ovocitos (Ov) de individuos hembras y c) Vista microscópica a 10x del frotis de gónada anaranjada con la presencia de espermatoцитos (Es) de individuos machos / Sexually mature female (♀) and male (♂) specimens of *Ameghinomya antiqua*. a) Specimens showing coloration of the gonad (g): milky-white for female and orange for male, b) microscopic views at 10x of whitish gonad smear with large number of oocytes (Ov) for female individuals and c) microscopic views at 10x of orange gonad smear with the presence of spermatozoa (Es) from male individuals

anaranjadas (Fig. 1a, derecha) que presentaron una masa homogénea con una gran cantidad de espermatoцитos (Fig. 1c), los cuales fueron identificados como machos. No se observó hermafroditismo en ninguno de los especímenes estudiados durante el análisis.

En relación a la proporción sexual observada en cada localidad (Tabla 1), en el sector de Carelmapu se analizaron 456 individuos, de los cuales 221 (48,5%) fueron machos y 235 (51,5%) resultaron ser hembras, obteniendo una proporción sexual de 1:1,06 ( $P > 0,2$ ). Para esta localidad, el único mes que presentó diferencias significativas fue marzo 2017 ( $\chi^2 = 6,48$ ; g.l. = 1;  $P < 0,01$ ), donde se observó una mayor cantidad de hembras, con una proporcionalidad de 1:2,1. Respecto a los individuos de la localidad de Quellón, de un total de 430 analizados, 214 (49,77%) fueron machos y 216 (50,23%) resultaron ser hembras, con una proporción sexual de 1:1,01 sin diferencias significativas en ninguno de los meses analizados ( $P > 0,6$ ). De acuerdo al test de chi cuadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson para ambas localidades la diferencia en la proporción sexual no mostró diferencias significativas del valor esperado de 1:1 ( $\chi^2$  Carelmapu = 15,13;  $\chi^2$  Quellón = 9,28; g.l. = 11;  $P > 0,05$ ) (Tabla 1), como tampoco se observó diferencia entre localidades para machos ( $P > 0,742$ ) y hembras ( $P > 0,464$ ), como tampoco diferencia en la proporción sexual entre ambas localidades.

En general, la mayoría de los bivalvos son dioicos, es decir, con la presencia de individuos con sexos separados, donde las hembras liberan ovocitos y los machos espermatozoides a la columna de agua durante el desove. Sin embargo, la diferenciación entre machos y hembras es algo difícil de realizar. Debido a esto, en muchos casos se plantea la ausencia de dimorfismo sexual, como lo observado en las almejas *Megapitaria squalida* (Álvarez-Dagnino *et al.* 2017), *Venus verrucosa* (Tirado *et al.* 2003) y *Venerupis pullastra* (Cerviño-Otero 2011) entre otras, en donde se hace mención de que no existen rasgos fenotípicos asociadas al sexo que permitan la discriminación sexual. Por lo cual, en estos casos es necesario recurrir al análisis histológico o a la observación bajo microscopio para definir el sexo y lograr diferenciar entre machos y hembras.

En el caso de la almeja *A. antiqua*, el sexo de cada individuo se pudo identificar macroscópicamente al observar la coloración de las gónadas, donde las hembras presentaron un color blanquecino y los machos un color anaranjado. Esta diferencia y coloración coincide con lo observado en la almeja *Venus nux*, donde es posible distinguir diferencias de coloración gonadal en individuos sexualmente maduros, donde los machos exhiben una gónada anaranjada, y las hembras una blanquecina (Tirado *et al.* 2011). Este tipo de dimorfismo es poco común en

**Tabla 1. Frecuencia absoluta de machos (M) y hembras (H) en muestras de *A. antiqua* recolectadas en Carelmapu y Quellón entre septiembre 2016 y agosto 2017 y sus valores de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), donde se indican los valores significativos / Absolute frequencies of males (M) and females (H) in samples of *A. antiqua* collected from Carelmapu and Quellón between September 2016 and August 2017, and the results of the Chi-square ( $\chi^2$ ) test where significant values are shown**

Fecha	Carelmapu				Quellón				
	M	H	$\chi^2$	Total	M	H	$\chi^2$	Total	
2016	Septiembre	30	25	0,45	55	15	15	0,00	30
	Octubre	15	25	2,50	40	24	15	2,08	39
	Noviembre	24	17	1,20	41	22	15	1,32	37
	Diciembre	15	15	0,00	30	19	15	0,47	34
	Enero	22	18	0,40	40	20	23	0,21	43
	Febrero	24	16	1,60	40	17	23	0,90	40
2017	Marzo	16	34	6,48*	50	16	24	1,60	40
	Abril	15	25	2,50	40	15	15	0,00	30
	Mayo	15	15	0,00	30	16	15	0,03	31
	Junio	15	15	0,00	30	20	15	0,71	35
	Julio	15	15	0,00	30	15	23	1,68	38
	Agosto	15	15	0,00	30	15	18	0,27	33
Total	221	235	15,13	456	214	216	9,28	430	

Ho: proporción macho/hembra = 1:1. \*Rechazo Ho al nivel 95%

venéridos, y escaso en la mayoría de los bivalvos (Sastry 1979). Además, se ha observado la particularidad de que el color encontrado en las gónadas de las almejas *A. antiqua* (este estudio) y *V. nux* se da inverso al que se puede observar en otro tipo de bivalvos marinos con dimorfismo sexual, como *Mytilus galloprovincialis* (Mikhailov *et al.* 1995) y *Mytilus chilensis* (Bahamondes & Muñoz 1998, Clasing *et al.* 1998), donde las hembras poseen una gónada anaranjada, y los machos blanquecina. En forma similar, en la almeja *Mulinia edulis* también se ha observado esta diferenciación de la coloración de gónadas, donde las hembras son de color púrpura oscuro, mientras que en los machos son de una coloración anaranjada (Abarca *et al.* 2012). La proporción de sexos observada es aquella habitualmente registrada en este tipo de organismos, donde se observa una proporción similar de ambos sexos, aunque se encontró en esta especie una leve tendencia de observar más hembras que machos, como lo ya encontrado por Lozada & Bustos (1984) con un promedio de proporción de 0,9 para esta especie, aunque estas diferencias no son significativas. Es relevante lograr la mantención de esta proporcionalidad en el tiempo, de tal forma de asegurar la mantención del recurso y por lo tanto su pesquería.

Por lo tanto, según los resultados del presente trabajo es posible considerar un primer registro de dimorfismo sexual en la especie y un antecedente relevante para la identificación rápida del sexo en la almeja *A. antiqua* en su medio natural, para ser aplicado en el seguimiento y monitoreo biológico-pesquero del recurso.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado mediante el Proyecto FONDEF IDeA ID15110271.

## LITERATURA CITADA

- Abarca A, D Oliva, R Gutiérrez, A Celis & LR Durán. 2012.** Grown-out of seeds of the taquilla clam *Mulinia edulis* (King & Broderip, 1832) in the subtidal zone in northern Chile and in the intertidal zone in southern Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40(3): 694-704.
- Abouheif E & DJ Fairbairn. 1997.** A comparative analysis of allometry for sexual size dimorphism: assessing Rensch's rule. *The American Naturalist* 149: 540-562.
- Álvarez-Dagnino E, A Santamaría-Miranda, M García-Ulloa & A Góngora-Gómez. 2017.** Reproduction of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) in the Southeast Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 65(3): 881-889.
- Araya P & N Bahamonde. 2013.** Pesquería del recurso almeja *Venus antiqua*, 78 pp. Reporte Técnico, Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013. Proyecto 1.7. Convenio I Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, Subsecretaría de Economía, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.

- Bahamondes RI & JE Muñoz. 1998.** Manual de cultivo de mitílicos, 16 pp. Tecnoimprensa Color, Valdivia.
- Cerviño-Otero A. 2011.** Ciclo reproductivo, cultivo en criadero y en el medio natural de la almeja babosa *Venerupis pullastra* (Montagu, 1803). Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, <<https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/3645>>
- Clasing E, A Oñate & H Arriagada. 1998.** Cultivo de choritos en Chile, 36 pp. Imprenta Universitaria, Valdivia.
- Coe WR. 1943.** Sexual differentiation in mollusks. I. Pelecypods. *The Quarterly Review of Biology* 18: 154-164.
- FUNDAME. 2004.** La acuicultura. Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial, 141 pp. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. [Fundación Alonso Martín Escudero]
- Gallardo C & A Weber. 1996.** Histología ciclo gonadal de *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) en Bahía Metri, Seno de Reloncaví, Chile. *Biología Pesquera* 25: 41-50.
- Heller J. 1993.** Hermaphroditism in molluscs. *Biological Journal of the Linnean Society* 48: 19-42.
- IFOP. 2003.** Chile. Especies bentónicas de importancia comercial. Serie Recursos Pesqueros 1: 1-32. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso.
- Jaramillo E, O Garrido, C Gallardo & H Contreras. 2003.** Bases biológicas para el ordenamiento de las pesquerías de almeja en la X y XI Regiones. Informe Final, Proyecto FIP 2001-27: 1-81. Fondo de Investigación Pesquera-Universidad Austral de Chile, Valdivia. <[http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-88981\\_informe\\_final.pdf](http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-88981_informe_final.pdf)>
- Lozada E & H Bustos. 1984.** Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* King & Broderip 1835, en la bahía de Ancud (Mollusca: Bivalvia: Veneridae). *Revista de Biología Marina* 20: 91-112.
- Lozada E, J Roller & R Yañez. 1971.** Consideraciones biológicas de *Choromytilus chorus* en dos sustratos diferentes. *Biología Pesquera* 5: 61-108.
- Mikhailov A, M Torrado & J Mendez. 1995.** Sexual differentiation of reproductive tissue in bivalve molluscs: identification of male associated polypeptide in the mantle of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. *The International Journal of Developmental Biology* 39: 545-548.
- Minton RL & LL Wang. 2011.** Evidence of sexual shape dimorphism in *Viviparus* (Gastropoda: Viviparidae). *Journal of Molluscan Studies* 77: 315-317.
- Morton B. 1991.** Do the Bivalvia demonstrate environment-specific sexual strategies? A Hong Kong Model. *Journal of Zoology* 223: 131-142.
- Osorio C. 2002.** Moluscos marinos en Chile. Especies de importancia económica. Guía para su identificación, 211 pp. Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- Osorio C & N Bahamonde. 1968.** Los moluscos bivalvos de las pesquerías chilenas. *Biología Pesquera* 3: 69-128.
- Osorio C, J Atria & S Mann. 1979.** Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biología Pesquera* 11: 3-47.
- Pastorino G. 2007.** Sexual dimorphism in shells of the southwestern Atlantic gastropod *Olivella plata* (Ihering, 1908) (Gastropoda: Olividae). *Journal of Molluscan Studies* 73: 283-285.

- Peharda M, Z Popovic, B Ezgeta, V Daria, N Vrgoč, S Puljas & A Frankić. 2013.** Age and growth of *Venus verrucosa* (Bivalvia: Veneridae) in the eastern Adriatic Sea. *Cahiers de Biologie Marine* 54: 281-286.
- Pérez D, CJ del Río & S Nielsen. 2013.** Sistemática y filogenia del género *Ameghinomya* Ihering, 1907 (Bivalvia: Chioninae) del Cenozoico de Argentina y Chile. *Ameghiniana* 50: 354-374.
- Purchon RD. 1977.** The biology of the Mollusca, 560 pp. Pergamon Press, Oxford.
- Reichenbach F, H Baur & E Neubert. 2012.** Sexual dimorphism in shells of *Cochlostoma septemspirale* (Caenogastropoda, Cyclophoroidea, Diplomatinae, Cochlostomatinae). *ZooKeys* 208: 1-16.
- Reyes A, N Barahona, V Asencio, H Robotham, E Lozada, R Roa, G Jerez, A Carmona, V Pezo & H Miranda. 1995.** Monitoreo de la pesquería del recurso almeja en la X Región. Informe Final FIP - IT/93-14: 1-63. <[http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89459\\_informe\\_final.pdf](http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89459_informe_final.pdf)>
- Sastry AN. 1979.** Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: Giese AC & JS Pearse (eds). *Reproduction of marine invertebrates* 5: 113-292. Academic Press, New York.
- SERNAPESCA. 2018.** Anuario estadístico de pesca 2017. Servicio Nacional de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Chile, Valparaíso. <[http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/2.series\\_2007\\_-\\_2017.xls](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/2.series_2007_-_2017.xls)>
- Shine R. 1989.** Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology* 64: 419-462.
- Stead R, E Clasing, J Navarro & G Asencio. 1997.** Reproductive cycle and cohort formation of *Venus antiqua* (Bivalvia: Veneridae) in the intertidal zone of southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 181-190.
- R Core Team. 2013.** R: A Language and Environment for Statistical Computing. The R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <<http://www.R-project.org/>>
- Tirado C, C Salas & I Márquez. 2003.** Reproduction of *Venus verrucosa* L., 1758 (Bivalvia: Veneridae) in the littoral of Málaga (southern Spain). *Fisheries Research* 63: 437-445.
- Tirado C, JL Rueda & C Salas. 2011.** Reproduction of *Donax trunculus* in the littoral de Huelva (southern Atlantic Spain): is there any difference with the Mediterranean population from the Andalusian coast? *Iberus* 29: 47-57.
- Zúñiga O. 2002.** Moluscos. Guía de biodiversidad 1. Vol 1. Macrofauna y Algas Marinas, 38 pp. Centro Regional de Estudios y Educación Ambiental (CREA), Facultad de Recursos del Mar, Universidad de Antofagasta, Antofagasta.

---

Recibido el 5 de enero de 2018 y aceptado el 29 de octubre de 2018

Editor Asociado: Rodrigo Román P.