



NUEVOS REGISTROS DE IMPOSEX EN MURICIDOS DE LA ZONA AUSTRAL DE SUDAMÉRICA (ESTRECHO DE MAGALLANES)



JUAN I. CAÑETE¹
CECILIA OSORIO²
LAURA HUAQUÍN²



¹Facultad de Ciencias, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. ²Facultad de Ciencias y Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

RESUMEN

Se analizó la existencia de Imposex (*hembras de gasterópodos con caracteres sexuales externos masculinos o pseudohermafroditismo*) en 3 especies de muricidos intermareales (*Acanthina monodon*, *Trophon geversianus* y *Ximenopsis muriciformis*) distribuidos en el estrecho de Magallanes con presencia de embarcaderos (Río de los Ciervos; 53°11'51,51"S, 70°56'01,50"W) y ausencia de ellos (punta Chabunco; 52°59'11,83"S, 70°48'45,57"W) durante julio 2009. El objetivo fue demostrar que el eventual uso de pinturas antifouling con trazas de estaño y níquel (TBT) podría tener efectos subletales en la malacofauna magallánica. Se analizaron 100 especímenes: *T. geversianus* (72), *A. monodon* (25) y *X. muriciformis* (3), determinando el tamaño del pene, sexualidad, estado de la gónada, y se determinó el índice de Oehlman (1991).

En punta Chabunco y Río de los Ciervos, *A. monodon* mostró mayor proporción de hembras (62.5% y 63.15% respectivamente) que de machos normales. En Río de los Ciervos presentaron Imposex el 100% de las hembras. En Río de los Ciervos, la longitud relativa del pene (RPL) fue de 37,6%. En *T. geversianus* la proporción de hembras en Chabunco fue 60,29% (n = 68) y en Río de los Ciervos 25% (n = 5), en ambos lugares no se detectó la presencia de hembras Imposex.

El uso permanente de la zona intermareal por *A. monodon* podría exponerla a mayores niveles de TBT que en *T. geversianus*, la cual realiza migraciones a la zona submareal, o puede presentar mayor sensibilidad

Palabras claves: Gasterópodos Subantárticos, Estrecho de Magallanes, Reproducción, Contaminación, Imposex, impacto ambiental de TBT

Autor correspondiente: Juan I. Cañete (ivan.canete@umag.cl)

NEW RECORD OF IMPOSEX IN SUBANTARCTIC MURICACEANS GASTROPODS FROM SOUTHAMERICA (MAGELLAN STRAIT).

ABSTRACT

We analyzed the existence of imposex (females of gastropods with external male sexual characters or pseudohermaphroditism) in 3 species of muricid intertidal gastropods (*Acanthina monodon*, *Trophon geversianus* and *Ximenezia muriciformis*) distributed in the Strait of Magellan, Chile. Two coastal sites were selected: one with artisanal boat maintenance (Río de los Ciervos; 53°11'51.51"S, 70°56'01.50"W; boat painting) and another without boat maintenance activities (Chabunco Point, 52°59'11.83" S, 70°48'45.57"W), during July 2009. The objective was to demonstrate that the eventual use of antifouling paints with traces of tin and nickel (TBT) could have sublethal effects upon the Magellan malacofauna. One hundred specimens were analyzed: *T. geversianus* (72), *A. monodon* (25) and *X. muriciformis* (3), determining the size of the penis, sex, state of the gonad, and determined the rate of Oehlman (1991).

In Chabunco and Río de los Ciervos, *A. monodon* showed a higher proportion of females than in normal males (62.5% and 63.15% respectively). At Río de los Ciervos all females showed imposex: the relative length of the penis (RPL) was 37.6%. In the case of *T. geversianus*, the proportion of females in Chabunco was 60.29% (n = 68) and in Río de los Ciervos 25% (n = 5), in both places presence of imposex females was not detected.

Continuous use of the intertidal zone by *A. monodon* throughout its life cycle, could expose it to higher levels of TBT compared to *T. geversianus*, which migrates to the subtidal zone according to age.

Key words: Gastropods, Sub Antarctic, Magellan Strait, Reproduction, Pollution, imposex, TBT.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, numerosas son las publicaciones relacionadas con la presencia de un tipo de disrupción endocrina (Chacón *et al.*, 2007), denominada "imposex" (Smith, 1971) o pseudohermafroditismo (Jenner, 1979), que se expresa en el desarrollo de caracteres masculinos en hembras de moluscos neogasterópodos, efecto causado por contaminantes de tipo organoestañosos como el tributilestaño (TBT) o el trifenilestaño (TPhT). Estos compuestos forman parte de los componentes de pinturas "antifouling" y se caracterizan por experimentar un alto tiempo de residencia, no se degradan rápidamente y se liberan al medio acuático por lixiviación de las pinturas antiincrustantes aplicadas a los cascos de los barcos y en la protección de muelles metálicos en áreas portuarias (Gibbs & Bryan, 1986; Bryan *et al.*, 1987; De Mora, 2000). Tradicionalmente, se menciona que casi 200 especies de gasterópodos muestran evidencias de imposex (Shi *et al.*, 2005).

En el nivel más simple, este síntoma se manifiesta como una anomalía por la aparición

de un pene sobre el tentáculo derecho de las hembras, el desarrollo de un vaso deferente que interrumpe las funciones y la estructura del oviducto, impidiendo la actividad normal de la reproducción. En casos más graves, la ovogénesis es reemplazada por la espermatogénesis (Matthiessen y Gibbs, 1998).

El fenómeno de imposex ha sido detectado en una amplia diversidad de especies pertenecientes a la agrupación Neogastrópoda (Oehlman *et al.*, 1996), afectos a la contaminación por compuestos organoestañosos, TBT (Gibbs y Bryan, 1986; Bryan *et al.*, 1987; Evans *et al.*, 1991; Ide *et al.*, 1997). Este fenómeno ha disminuido por la aplicación de medidas legislativas introducidas en 1987 (Michin *et al.*, 1997), que impiden o regulan el uso de pinturas antifouling que contengan TBT en embarcaciones mayores de 25 metros de eslora (De Mora, 2000).

Sudamérica no ha sido la excepción. Se ha observado una alta incidencia de imposex en los gasterópodos *Odontocymbiola magellanica* en la Patagonia (Bigatti y Penchaszadeh, 2005), *Ade-*



lomelon brasiliiana, en Mar del Plata Argentina (Cledon *et al.*, 2006); *Chicoreus margaritensis*, *Ch. brevifrons* y *Leucozonia nasa* en Venezuela (Miloslavich *et al.*, 2007); *Stramonita haemastoma* y *Voluta ebraea* en el norte de Brasil (Braga de Castro *et al.*, 2005; Braga de Castro *et al.*, 2008). Bigatti *et al.* (2009) registran variados casos de imposex en 12 especies de gasterópodos de las costas de Argentina.

En Chile, hace poco más de 10 años, se está trabajando en el tema. Gooding *et al.* (1999) comprobaron esta situación en tres especies de murícidos nativos, caracol trumulco (*Chorus giganteus* Lesson, 1829), caracol rubio (*Xantochorus cassidiformis* Blainville, 1832) y caracol labio grueso (*Nucella crassilabrum* o *Acanthina monodon* Pallas, 1774), con muestreos realizados desde Concepción al Sur. Estos autores postulan que la presencia de imposex puede traer problemas en cultivos de gasterópodos y afectar la biodiversidad de moluscos en ecosistemas acuáticos. Posteriormente, Osorio y Huaquin (2003) analizaron la incidencia de “imposex” de las poblaciones de *Acanthina monodon* en el intermareal de Playa Amarilla, Las Salinas, Valparaíso, El Tabo y Las Cruces (32° 55' S y 33° 30' S), zona central de Chile. Un nuevo estudio comparó las alteraciones morfológicas y los cambios histológicos del ovario y glándula de la cápsula de hembras de *A. monodon* con imposex y de hembras sanas hasta Matanzas (33° 57' S) (Huaquin *et al.*, 2004).

El objetivo de este nuevo trabajo es analizar y mostrar evidencias morfológicas de imposex en muestras de gasterópodos extraídas desde la zona intermareal del estrecho de Magallanes, estudio que está dirigido en gran medida a contribuir a la futura conservación y control tanto de las especies como del ambiente, de los impactos ambientales negativos provocados por la lixiviación de TBT. Este estudio se centra en un área marina considerada tradicionalmente como prístina y en donde se pueden desconocer las normativas de prohibición de TBT desde 2008 por parte de la Organización Marítima Internacional (IMO). También es importante destacar que una de las especies en estudio de este trabajo (*Trophon geversianus*), es uno de los principales gasterópodos marinos que sostienen la pesca artesanal de la región de Magallanes, encontrándose actualmen-

te protegido debido a la fuerte sobreexplotación pesquera (Sernapesca, 2009). Adicionalmente, el presente estudio es de interés porque el estrecho de Magallanes cuenta con ocho muelles de gran envergadura en el que han atracado 6531 embarcaciones mercantes en los últimos ocho años (Empresa Portuaria Austral 2009, www.subtrans.cl). Además, en muchas áreas litorales existen pequeñas “caletas” o embarcaderos que son usadas para hacer mantención de las embarcaciones, utilizando pinturas antifouling para proteger el casco de dichas embarcaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el período de estudio (julio 2009, invierno en el hemisferio sur) se recolectaron tres especies de murícidos: *Acanthina monodon* (Pallas, 1774), *Trophon geversianus* (Pallas, 1774) y *Xymenopsis muriciformis* (King & Broderip, 1831), en dos localidades ubicadas en el margen norte del Estrecho de Magallanes: desembocadura del Río de los Ciervos (con presencia de embarcadero de pescadores artesanales) y en Punta Chabunco, localidad que se mantiene sin actividad de lanchas de pescadores artesanales. Estas localidades están ubicadas a 8 km al sur y 22 km al norte de la ciudad de Punta Arenas, respectivamente (**Tabla 1**).

La recolección de los ejemplares se realizó en forma manual en períodos de baja marea entre mantos del bivalvo *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854) y *Perumytilus purpuratus* (Lamarck, 1819), como en bolones intermareales de aproximadamente 50 a 70 cm de diámetro cubiertos en sus bordes con el cirripedio *Jelhius cirratus* (Darwin, 1854) en su parte superior y con mitílidos en la parte inferior. Las tres especies viven en simpatría.

La identificación de las muestras estudiadas se realizó con: Castellanos & Landoni (1993), Forcelli (2000) y Pastorino (2005). El material analizado fue descartado después de la obtención de datos, conservándose solo las partes blandas de los ejemplares fotografiados. Los especímenes de *A. monodon* pertenecen todos a la forma rugosa catalogada por Forcelli (2000) como var. *imbricata* (**Fig. 1**).



En cada ejemplar se obtuvo las medidas de longitud y ancho de la concha por medio de un pie de metro digital. La determinación del sexo se realizó por observación bajo microscopio estereoscópico. La medición del pene (longitud y ancho) y de la glándula de la cápsula (longitud y ancho) bajo lupa estereoscópica con ocular milimetrado.

Para el análisis de la longitud relativa del pene (RPL) se aplicó el índice de Oehlman (1991) que corresponde a los valores promedio de la longitud del pene de las hembras, dividido por el promedio de los valores de la longitud del pene de los machos, multiplicado por 100 (Fujinaga & Nakao, 1999; Fujinaga *et al.*, 2002; Fujinaga *et al.*, 2006).

RESULTADOS

En el presente estudio se registró un total de 100 individuos de gasterópodos murícidos pertenecientes a 3 especies: 25 a *A. monodon* (**Figura 1**), 73 a *T. geversianus* y 2 a *X. muriciformes*. Esta última especie por el bajo número de ejemplares no será incluida en los análisis y resultados, solo se incluirá como dato en la **Tabla 2** con las tallas y la identificación de sexo.

El tamaño promedio de la longitud de las conchas está señalado en la **Tabla 2**. En *A. monodon* se observa que el tamaño de las hembras es mayor que los machos de punta Chabunco. En *T. geversianus* las hembras de ambas localidades presentan mayor tamaño que los machos. Por lo demás, el promedio de las doce hembras de *A. monodon* tienen valores superiores a 25,35 mm.

En la muestra de *A. monodon* proveniente de punta Chabunco y en la de Río de los Ciervos la proporción de hembras fue mayor (62.5% y 63.15%, respectivamente) que la de machos normales. Por otro lado, todas las hembras en Río de los Ciervos presentaron Imposex (Hi) (**Figura 2**), en un 100%. En la **Figura 3**, que representa un ejemplar macho, el pene es de mayor tamaño ($X = 4,1$ mm) que el que se insinúa en el ejemplar hembra. En hembras, el promedio de longitud del pene fue de 1,5 mm. En la localidad de Río de los Ciervos la longitud relativa del pene (RPL) de esta especie fue de 37,6%.

En *T. geversianus*, la proporción de hembras en punta Chabunco fue de 60,29% ($n = 68$) y en Río de los Ciervos de 25% ($n = 5$), no detectándose presencia de hembras Imposex. Solamente se registró un ejemplar de sexo indeterminado (I). Los datos registrados de estas especies en ambas localidades se muestran en la **Tabla 2**.

DISCUSIÓN

Dado el aislamiento y la gran distancia desde grandes puertos sudamericanos y la frecuente actividad portuaria desde el siglo XIX, la ciudad de Punta Arenas, Chile, podría representar un buen sitio control para analizar la existencia de zonas litorales contaminadas que pudieran afectar a las poblaciones de neogasterópodos intermareales. Letelier *et al.* (2003) señalan que aún pueden encontrarse áreas prístinas y libres de contaminantes en el Sur de Chile. Sin embargo, en el Estrecho de Magallanes se registra un alto tráfico portuario, con más de 6.000 embarcaciones recaladas durante la última década que podrían aportar al medio natural residuos tóxicos provenientes de las pinturas antifouling aplicadas a los cascos de las naves.

El presente estudio detectó imposex en un 100% de las hembras del caracol *Achanthina monodon* en la localidad de Río de los Ciervos, cuya muestra fue tomada a 100 metros de faenas de pintado de lanchas de maderas artesanales Bigatti y Penchaszadeh (2005) registran valores semejantes (85 a 100% de imposex) en hembras de *Odontocymbiola magellanica* en zonas cercanas a puertos con alto tráfico marítimo en el Golfo de San Matías, y en menor grado, en zonas de buceo deportivo disminuye entre 35% y 59% de imposex. Cledon *et al.* (2006) registran más del 80% de imposex en *Adelomelon brasiliense* en Mar del Plata, principal puerto pesquero de Argentina, sin embargo, en zonas con escaso tráfico marítimo el porcentaje de imposex fue nulo para la misma especie.

Adicionalmente, los antecedentes obtenidos para *Achanthina monodon* indican que la talla de madurez sexual es de 2,9 cm (Poblete *et al.*, 1987). En Río de los Ciervos talla promedio de las hembras de *A. monodon* fue de 2,5 cm, estando el 100% afectadas por imposex, notando

que muchos de los individuos son juveniles. Esto sugiere que toda la población podría estar siendo afectada por el mismo problema ambiental. Además, en esta misma población de *A. monodon*, el valor del índice de la longitud relativa del pene (RPL) fue de 37,6%, este valor es semejante a los registrados en Playa Amarilla y Las Salinas en el norte de Valparaíso, principal puerto de Chile, donde se obtuvo un 36 y 39% de RPL respectivamente (Osorio y Huaquín, 2003). En Matanzas, localidad al Sur del Puerto de San Antonio, con escaso tráfico marítimo el RPL fue solo del 16% (Huaquín *et al.*, 2004).

Oehlmann *et al.* (1996a) postula que valores superiores a 25% indicarían que la población tiene altos riesgos de ser disminuida. Aunque también existe información que una vez eliminado el componente estañoso o bien los especímenes afectados se cambian a un sitio descontaminado, se puede registrar una declinación de la abundancia de individuos Imposex, siendo un proceso reversible (Fujinaga & Nakao, 1999).

Asimismo, se conoce que *Acanthina* es carnívoro y se alimenta especialmente de mitílidos (*Perumytilus purpuratus*, *Semimytilus algosus* y juveniles de *Choromytilus chorus*), en la costa del sur de Chile (Moreno, 1995). En el Estrecho de Magallanes sucede algo similar, pues *A. monodon* vive en simpatria con mitílidos y cirripedios (*Mytilus chilensis*, *Perumytilus purpuratus*, y el cirripedio *Jelhius cirratus*), los cuales son filtradores que podrían bioacumular y biomagnificar las concentraciones TBT en su cuerpo, siendo transferidas por la vía digestiva a este gasterópodo.

Llama la atención que en Río de los Ciervos, área posiblemente contaminada, el registro de 5 individuos de *T. geversianus* (4 machos y una hembra), sugiere la existencia de uno de los síntomas de las poblaciones afectadas por imposex, o esta se encuentra en un proceso de retroceso o de pérdida del estado Imposex, tal como fue observado para *Nucella lapillus* (L) por Evans *et al.* (1991) y en *Achantina monodon* por Osorio y Huaquín (2003).

En el sector de punta Chabunco, pese al mayor número de ejemplares recolectados y analizados, no se detectó el problema de Imposex, ni

en las poblaciones de *A. monodon* ni en *T. geversianus*, por lo que suponemos es un área con escasa influencia de contaminación por TBT. Esto coincide por la situación observada en la misma especie en la zona de Golfo Nuevo, sur de Argentina. En este lugar, previamente se había detectado el fenómeno de Imposex en gasterópodos Volútidos (Bigatti & Penchaszadeh, 2005) y en miembros pertenecientes a la familia Nassariidae (Bigatti *et al.*, 2009), pero no se observaron impactos en una población local de *T. geversianus* (Cumplido *et al.*, 2010).

Según Cumplido *et al.* (2010), concentraciones TBT entre 1,9 y 1,17 ng Sn/g tejido no sería capaz de estimular la aparición de un pene en las hembras adultas de *T. geversianus*. Adicionalmente, el uso permanente de la zona intermareal por *A. monodon* podría exponerla con mayor frecuencia a mayores niveles de TBT que en *T. geversianus*, la cual realiza migraciones a la zona submareal o *A. monodon* puede presentar mayor sensibilidad ante este compuesto que otros miembros de la familia.

Se podría concluir que en un mismo lugar, especies pertenecientes a una misma agrupación taxonómica (gasterópodos de la familia Muricidae) pueden presentar respuestas diferenciadas ante la presencia de contaminantes organoestañosos. De esta manera, pese al bajo tamaño muestral y a las macroobservaciones anatómicas efectuadas, se demuestra que *A. monodon* es más sensible y susceptible de ser afectada por estos compuestos químicos lixiviados de las pinturas antifouling (Huaquín *et al.*, 2004).

Por ello, este estudio ratifica que esta especie es interesante considerarla como bioindicadora de estos compuestos organoestañosos.

Finalmente, considerando estos resultados preliminares, se hace necesario investigar el área del estrecho de Magallanes para analizar en forma permanente el efecto del TBT en un mayor número de especies de murícidos subantárticos y tratar de comprobar si puede haber una recuperación de la sexualidad normal, una vez que las hembras son cambiadas de sitio o si se incorporan pinturas antifouling de menor impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado parcialmente con el proyecto DIUMAG 0608 y Programa DIUMAG: 026502, perteneciente a uno de los coautores

(JIC). Se extienden los agradecimientos al colega Guido Pastorino (Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia") por el envío de bibliografía relacionada con el problema Imposex en la costa de la Patagonia Argentina.

Tabla 1: Posición geográfica y antecedentes ambientales de dos localidades ubicadas en el borde continental del Estrecho de Magallanes, Chile, para analizar la presencia de gasterópodos murícidos con rasgos "Imposex".

| Localidad | Punta Chabunco | Norte Río Los Ciervos |
|----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Fecha | 9 julio 2009 | 12 julio 2009 |
| Latitud | 52° 59' 11,83" S | 53° 11' 51,51" S |
| Longitud | 70° 48' 45,57" O | 70° 56' 01,50" O |
| Temperatura del agua | 3.1° C | 2,6° C |
| Sustrato | Rocoso | Rocoso |
| Especies | <i>Acanthina monodon</i> | <i>Acanthina monodon</i> |
| | <i>Trophon geversianus</i> | <i>Trophon geversianus</i> |
| | | <i>Ximenopsis muriciformis</i> |

Tabla 2: Antecedentes cuantitativos sobre Imposex que registran las especies de gasterópodos murícidos intermareales subantárticos, recolectados en un área sin embarcaciones (P. Chabunco) y con embarcadero (Río Los Ciervos), Estrecho de Magallanes, Chile, Julio, 2009. M: machos, H: hembras normales, Hi: hembras imposex, Ind: sexo indeterminable.

| Especie | Punta Chabunco | | | | | Río Los Ciervos | | | | |
|--------------------------------|----------------|-------|-------|-----|---|-----------------|-------|-------|-----|---|
| | M | H | Hi | Ind | | M | H | Hi | Ind | |
| <i>Acanthina monodon</i> | 8 | 3 | 5 | 0 | 0 | 19 | 5 | 12 | 12 | 0 |
| Promedio talla (mm) | 28.89 | 25.68 | 30.5 | | | 25.9 | 27 | 25.35 | | |
| <i>Trophon geversianus</i> | 68 | 26 | 41 | 0 | 1 | 5 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| Promedio talla (mm) | 29.93 | 28.07 | 31.15 | | | 29.28 | 27.54 | 36.25 | | |
| <i>Ximenopsis muriciformis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Promedio talla (mm) | | | | | | 22.39 | 27.99 | | | |



Figura 1: Fotografías de *Acanthina monodon*: A. Vista ventral, ejemplar de 37,2 mm de longitud. B. Vista dorsal, ejemplar de 29,12 mm de longitud.

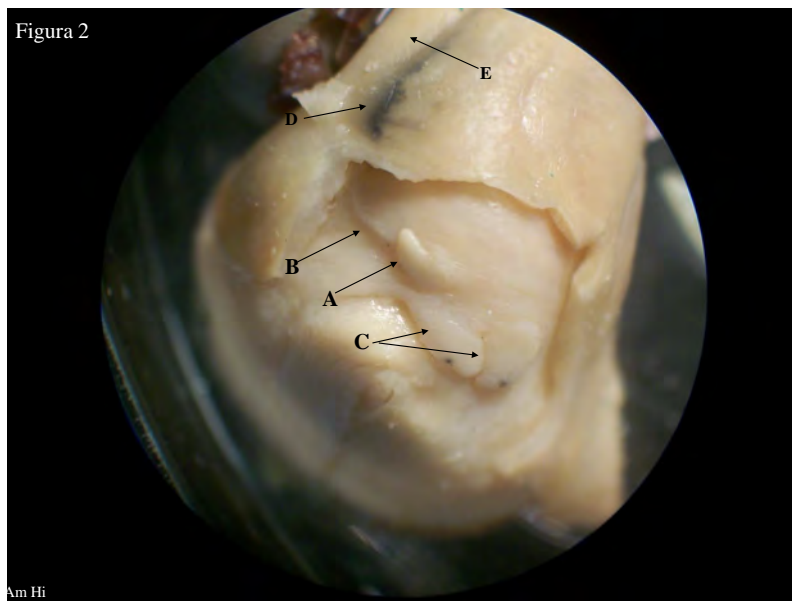


Figura 2: Fotografías con microscopio de luz de ejemplar hembra de *Acanthina monodon* con imposex, sin concha de 37,2 mm. A. Pene indicado por la flecha (1,04 mm); B. Vaso deferente; C. Tentáculos con manchas oculares; D. Glándula rectal; E. Glándula de la cápsula.

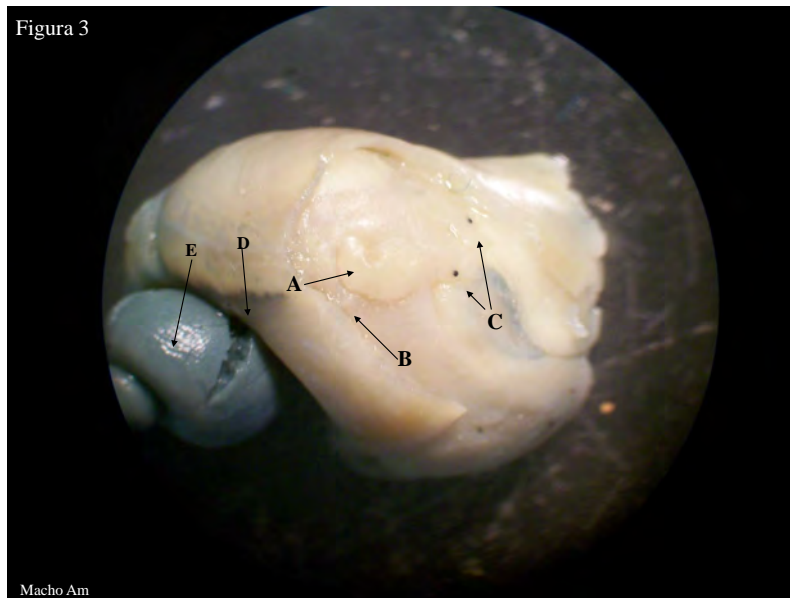


Figura 3: Fotografía con microscopía de luz de ejemplar macho *Acanthina monodon* de 27.0 mm de longitud. A. Pene (2,86 mm); B. Vaso deferente; C. Tentáculos con manchas oculares; D. Glándula rectal; E. Glándula digestiva.

REFERENCIAS

- BIGATTI, G. & P. PENCHASZADEH. 2005. Imposex in *Odontocymbiola magellanica* (Caenogastropoda: Volutidae) in Patagonia. Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay 9 (88):371-375.
- BIGATTI, G., M. PRIMOST, M. CLEDON, A. AVERBUJ, N. THEOBALD, W. GERWINSKI, W. ARNTZ, E. MORRICONI & P. PENCHASZADEH. 2009. Biomonitoring of TBT contamination and imposex incidence along 4 700 km of Argentinean shoreline (SW Atlantic: from 38 S to 54 S). Mar. Poll. Bull. 58: 695-701.
- BRAGA DE CASTRO, I., C.A. OLIVEIRA, J.C. LOPEZ, H. MATTHEWS; C. ALMEIDA. 2005. The increasing incidence of imposex in *Stramonita haemastoma* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) after the establishment of the pecem harbour, Ceará State, northeast Brazil. Thalassas, 21: 71-75.
- BRAGA DE CASTRO, I., C.A. OLIVEIRA, H. MATTHEWS, C. ALMEIDA, P. PENCHASZADEH & G. BIGATTI. 2008. Imposex in endemic volutid from northeast Brazil (Mollusca: Gastropoda). Brazilian Arch. Biol. and Technol. 51: 1065-1069.
- BRYAN, G., P. GIBBS, G. BURT & L.G. HUMMERSTONE. 1987 The effect of Tributyltin (TBT) accumulation on adult dog-whelks, *Nucella lapillus*: long term field and laboratory Experiments. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 67: 525-544.
- CASTELLANOS, Z. A. & N. LANDONI. 1993. Catálogo Descriptivo de la Malacofauna Marina Magallánica. 9. Neogastropoda, Muricidae y Thaisidae. Comisión de Investigaciones Científicas La Plata Bs. As Argentina. 26 pp.
- CHACÓN, O., F. CUEVAS, C. DE LA FUENTE, F. DÍAZ, L. G. HUAQUÍN. 2007. Disrupción endocrina e imposex. Avances en Ciencias Veterinarias (22): 42-48.

- CLEDÓN, M., N. THEOBALD, W. GERWINSKI & P. PENCHASZADEH. 2006. Imposex and organotin compounds in marine gastropods and sediments from the Mar del Plata coast, Argentina. *J. Mar. Biol. Ass. UK*, 86: 753-755.
- COLLADO, G., C. OSORIO & MARCO RETAMAL. 2010. Imposex en los caracoles marinos *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) y *Nassarius coppingeri* E.A. Smith 1881, en el sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.* vol. 33: 67-76.
- CUMPLIDO, M., A. AVERBUJ & G. BIGATTI. 2010. Reproductive seasonality and oviposition induction in *Trophon geverisianus* (Gastropoda: Muricidae) from Golfo Nuevo, Argentina. *Journal of Shellfish Res.* 29: 423-428.
- DE MORA, S. 2000. Contamination and pollution in the marine environment. *Issues in Environmental Science and Technology. Chemistry in the marine environment.* Roy. Soc. Chem. N13: 81-92.
- EVANS, S. M., A. HUTTON, M. A. KENDALL & A. M. SAMOSIR. 1991. Recovery in populations of dog whelks *Nucella lapillus* (L.) suffering from Imposex. *Mar. Poll. Bull.* 22: 311-333.
- FORCELLI, D. O., 2000. Moluscos Magallánicos: Guía de Moluscos de Patagonia y Sur de Chile. Vázquez Manzini Editores, Bs. As. Argentina. 200 pp.
- FUJINAGA, K. & S. NAKAO. 1999. A decline in RPS index of *Neptunea arthritica* in Usu cove. *Suisanzoshoku* 47: 457-458.
- FUJINAGA, K., A. S. ILANO & S. NAKAO. 2002. Recovery of the neptune whelk, *Neptunea arthritica*, from Imposex in Saroma Lagoon. *Suisanzoshoku* 50: 171-176.
- FUJINAGA, K., A. S. ILANO, H. NOMURA, R. T. MIRANDA & S. NAKAO. 2006. Present state of imposex in neptune whelk *Neptunea arthritica* inhabiting shallow waters around Hokkaido, Jpn. *Fish. Sci.* 72: 995-1003.
- GIBBS, P. E. & G. W. BRYAN. 1986. Reproductive failure in populations of dog whelk *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from anti-fouling paints. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 66: 767-777.
- GOODING, M., C. GALLARDO & G. LEBLANC. 1999. Imposex in three marine gastropod species in Chile and potential impact on mariculture. *Mar. Poll. Bull.* 38: 1227-1234.
- GRAY, J., D. D. CALAMARI, J. E. PORTMANN, P. G. WELLS. & H. L. WINDOM. 1991. Scientifically based strategies for marine environmental protection and management. *Mar. Poll. Bull.* 15: 432-440.
- HUAQUÍN, L. & C. OSORIO. 2002. Alteraciones del sexo en poblaciones de moluscos gastrópodos marinos. *Revista Tecnovet.* 3: 8-10.
- HUAQUÍN, L., C. OSORIO, R. VERDUGO & G. COLLADO. 2004. Morphological changes in the reproductive system of females affected with imposex in populations of *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) (Gastropoda: Muricidae) from central Chilean coasts. *Invertebrate Reproduction and Development* 46: 111-117.
- IDE, I., E. P. WITTEN, J. FISCHER, W. KALBFUS, A. ZELLNER, E. STROBEN & B. WATERMANN. 1997. Accumulation of organotin compounds in the common whelk *Neptunea antiqua* in association with Imposex. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 152: 197-203.
- JENNER, M.G. 1979. Pseudohermaphroditismo in *Ilyanassa obsoleta* (Mollusca: Neogastropoda). *Science* 205: 1407-1409.
- MATTHIESSEN, P. & P. E. GIBBS. 1998. Critical appraisal of the evidence for Tributyltin-Mediated endocrine disruption in mollusks. *Environ. Toxicol. Chem.*, Vol. 17, N° 1: 37-43.
- MINCHIN, D., B. BAUER, J. OEHLMANN, U. SCHULTE-OEHLMANN & C.B. DUGGAN. 1997. Biological indicators used to map organotin contamination from a Fishing Port, Killybegs, Ireland. *Mar. Poll. Bull.*, 34: 235-243.



- MILOSLAVIC, P. P. PENCHASZADEH & G. BIGATTI. 2007. Imposex en gastrópodos de Venezuela. *Ciencias Marinas*, 33(3): 319-324.
- OEHLMANN, J., P. FIORONI, E. STROBEN & B. MARKERT. 1996. Tributyltin (TBT) Effects on *Ocenebrina aciculata* (Gastropoda: Muricidae): Imposex development, sterilization, sex change and population decline. *The Science of the Total Environment* 188: 205-223.
- OSORIO, C. & L. G. HUAQUÍN. 2003. Alteración de la sexualidad de *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) (Gastropoda: Muricidae) en el litoral de Chile Central. *Cienc. Tecnol. Mar*, 26: 97-107.
- PASTORINO, G. 2005. A revision of genus *Trophon* Montfort, 1810 (Gastropoda: Muricidae) from southern South America. *The Nautilus* 119: 55-82.
- POBLETE, A. T., M. H. TOLEDO, M. R. ARTEAGA, G. R. CÁRDENAS & R. M. TOLEDO. 1987. Estimation of the structure by annual size classes in a population of *Nucella crassilabrum* (Gastropoda: Muricidae). *Biota* 3: 9-31.
- SMITH, B. S. 1971. Sexuality in the American mud snail *Nassarius obsoletus* Say. *Proc. Malacol. Soc. Lond.* 30: 377.
- SHI, H. H., C. J. HUANG, S. X. ZHU, X. J. YU & W. Y. XIE. 2005. Generalized system of Imposex and reproductive failure in female gastropods of coastal waters in mainland China. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 304: 179-189.

