

INCIDENCIA DE IMPOSEX EN POBLACIONES DE *ACANTHINA MONODON* (PALLAS, 1744) (MOLLUSCA: NEOGASTROPODA) DEL SUR DE CHILE CON DIFERENTES NIVELES DE ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA

Sergio Letelier¹, Laura Huaquin² y Gonzalo Collado³

¹ Laboratorio de Malacología, Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile; sletelier@mnhn.cl

² Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Casilla 2, Correo 3, La Granja, Santiago, Chile; lhuaquin@uchile.cl

³ Laboratorio de Genética y Evolución, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile; g.collado@eudoramail.com

RESUMEN

El imposex consiste en el desarrollo de caracteres sexuales secundarios de los machos en hembras de moluscos neogastropodos, fenómeno asociado a contaminantes organoestrogénicos tales como el tributil-estaño (TBT). En este estudio se evalúa el imposex en dos poblaciones de *Acanthina monodon* del sur de Chile sometidas a distintos niveles de actividad antropogénica. Una de las localidades fue escogida para evaluar específicamente el aumento o disminución de imposex considerando datos publicados previamente. En cada sitio se recolectaron 103 ejemplares cuantificándose tres índices de imposex: porcentaje de hembras con imposex, longitud relativa del pene (RPLI) y tamaño relativo del pene (RPSI). En Metri, donde la actividad humana es considerable, el 48,6% de las hembras examinadas presentó imposex mientras en isla Victoria, donde la intervención es escasa, ninguna de las hembras evidenció el fenómeno. El porcentaje observado en Metri aumentó en más de ocho veces comparado con un estudio previo de 1999. Los valores de RPLI y RPSI también fueron más altos. Los resultados sugieren un aumento en la concentración de contaminantes en el ambiente o en el tiempo de exposición de los moluscos a estos compuestos en esta localidad.

Palabras clave: gasterópodos; Muricidae; TBT; contaminación marina.

ABSTRACT

Incidence of imposex in populations of *Acanthina monodon* (Pallas, 1744) (Mollusca: Neogastropoda) from Southern Chile under different levels of anthropogenic activity. Imposex is the development of male sex organs in neogastropod females, a phenomenon associated with the presence of organotin compounds such as tributyltin (TBT). Here we assessed the incidence of imposex in two populations of *Acanthina monodon* from southern Chile with different levels of human activities. One location was chosen specifically to evaluate the increase or decrease of imposex, comparing our results with previously published data. In each site we collected 103 specimens and quantified the following indexes of imposex: percentage of females with imposex, relative penis length index (RPLI) and relative penis size index (RPSI). In Metri, where human activity is relatively important, imposex in females was 48,6%, while in Victoria Island, where human activity is limited, imposex was not observed. The percentage of imposex in Metri was more than eight times greater than the value reported in a previous study of 1999; the RPLI and RPSI indexes were also greater than in 1999. These results suggest an increase in the amount of the pollutant in the environment or a higher exposure of the snails in this locality to these compounds.

Key words: gastropods; Muricidae; TBT; marine pollution.

INTRODUCCIÓN

El imposex (Smith 1971), o pseudohermafroditismo (Jenner 1979), consiste en el desarrollo de caracteres sexuales masculinos sobre el sistema reproductivo de hembras de moluscos neogastropodos, lo que se ha llamado sexo impuesto. Este efecto es causado por contaminantes de tipo organoestrogénicos como el tributil-estaño (TBT) presentes en las pinturas antifijación aplicadas a embarcaciones, muelles y balsas jaulas de cultivo (Davies *et al.* 1987, Bryan *et al.* 1988, Gibbs *et al.* 1988, Oehlmann y Bettin 1996), los cuales posteriormente lixivian a la columna de agua (Bryan *et al.* 1987, Gibbs *et al.* 1988, Stroben *et al.* 1992). En el nivel morfológico más simple, el imposex se manifiesta en la aparición de un pene detrás del tentáculo derecho de los animales (Gibbs *et al.* 1988, Fioroni *et al.* 1991, Oehlmann *et al.* 1991). En casos más graves la ovogénesis puede verse reemplazada por espermatogénesis

(Gibbs *et al.* 1988, Matthiessen y Gibbs 1998) y en algunas especies de gasterópodos se ha informado la extinción de poblaciones locales por falta de reclutamiento (Bryan *et al.* 1986, Gibbs y Bryan 1986, Gibbs *et al.* 1991, Gibbs y Bryan 1996).

Ellis y Pattissina (1990) argumentaron que la contaminación por TBT era un fenómeno global y sugirieron que muchas especies podrían estar amenazadas. En 1996 el imposex era un fenómeno diseminado en el mundo afectando a más de 120 especies de gasterópodos (Oehlmann *et al.* 1996) y sería un fenómeno irreversible (Gibbs *et al.* 1987).

En Chile el imposex fue detectado por primera vez en el área de Coquimbo en el muricido *Acanthina monodon* (Pallas, 1744), aunque no fue cuantificada la incidencia en la población (Wu 1985). Este gasterópodo gonocórico presenta una amplia distribución geográfica en la costa chilena, encontrándose desde los 22° a 55° S (Reid y Osorio 2000). Estudios realizados en la costa central de Chile permitieron considerar a esta especie como indicadora de imposex por contaminación debida a compuestos organoestañosos (Osorio y Huaquín 2003, Huaquín *et al.* 2004). En el sur de Chile se ha registrado imposex en muestras de *A. monodon* obtenidas en las cercanías de centros de cultivo (Gooding *et al.* 1999, Collado *et al.* 2010).

El objetivo de este estudio fue evaluar imposex en *A. monodon* en dos localidades sometidas a diferentes niveles de actividad antropogénica; Metri en la Región de Los Lagos e Isla Victoria en la Región de Aisén. Metri corresponde a una bahía con infraestructura portuaria de actividad naviera mediana y pesca artesanal (Gooding *et al.* 1999). Isla Victoria corresponde a un sector costero de estuario donde la densidad y actividad de la población humana son escasas por lo que en el presente estudio se consideró un área con baja actividad antropogénica. Gooding *et al.* 1999 registraron un 6% de imposex en 33 hembras de *A. monodon* (= *Nucella crassilabrum*) muestreadas en Metri. Este antecedente permitió comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con datos de esta localidad ya publicados.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se recolectaron ejemplares de *A. monodon* en el intermareal rocoso de Metri (41°36' S; 72°43' W) e Isla Victoria (45°21' S; 73°75' W), sur de Chile (Figura 1), en febrero de 2002 y julio de 2003, respectivamente. En cada localidad se muestrearon 103 ejemplares que fueron fijados en formalina (10%) y conservados en alcohol 70°. La longitud de la concha de los ejemplares fue registrada con un pie de metro de precisión 0,1 mm. El sexo de cada individuo se determinó con lupa estereoscópica Nikon SMZ-10 utilizando como criterio la presencia de pene en los machos y la presencia de glándula de la cápsula y del albumen en las hembras. El imposex fue cuantificado utilizando tres índices: porcentaje de hembras con imposex (porcentaje de hembras con un pene detrás del tentáculo derecho), longitud relativa del pene (RPLI, *Relative Penis Length Index*) y tamaño relativo del pene (RPSI, *Relative Penis Size Index*). Los índices RPLI y RPSI cuantifican el grado de crecimiento del pene de las hembras, en promedio, en relación con el de los machos en una población. El RPLI se obtiene de la ecuación (Longitud del pene de las hembras/ longitud del pene de los machos) x 100 (Gibbs y Bryan 1987) mientras que el RPSI se ha definido como (Longitud del pene de las hembras)³/(longitud del pene de los machos)³ x 100 (Gibbs *et al.* 1987).

RESULTADOS

De los 103 ejemplares de *A. monodon* muestreados en Metri, 29 eran machos (28,2%) y 74 hembras (71,8%). El tamaño de los ejemplares fluctuó entre 12,5 y 25,0 mm en machos y 10,7 y 29,0 mm en hembras. De las 74 hembras, 36 (48,6%) presentaron evidencias de imposex. El RPLI alcanzó un valor de 9,62% mientras que el RPSI fue 0,089%. La figura 2 muestra adultos de ambos sexos considerando hembras con y sin imposex de Metri.

De los 103 ejemplares de *A. monodon* muestreados al sur de la Isla Victoria, 27 eran machos (26,2%), 73 hembras (73,8%) y 3 fueron indeterminados. El tamaño de los ejemplares fluctuó entre 31,0 y 45,0 mm en machos y entre 23,5 y 51,1 mm en hembras. Ninguna hembra presentó síntomas de imposex. El sexo indeterminado probablemente estuvo asociado a un tamaño más pequeño de los animales.

DISCUSIÓN

Bryan *et al.* (1986, 1987) y Gibbs *et al.* (1988) proporcionaron evidencia experimental que el imposex en *Nucella lapillus* L. estaba relacionado a la bioacumulación de compuestos organoestañosos como el TBT, incluso a concentraciones tan bajas como 1 ng/l (Gibbs *et al.* 1988). La frecuencia del imposex se ha relacionado con la distancia de las poblaciones de gasterópodos a fuentes contaminantes como puertos, astilleros, balsas-jaulas de cultivo y rutas navieras (Davies *et al.* 1987, Ten Hallers-Tjabbbe *et al.* 1994, Swennen *et al.* 1996, Huaquín *et al.* 2004, entre otros).

En el presente estudio se encontró que el 48,6% de las hembras muestreadas en Metri presentó síntomas de imposex mientras el fenómeno no fue observado en isla Victoria. El aumento en el grado de afección en Metri, cercano a las ocho veces considerando el estudio de Gooding *et al.* (1999), sugiere un aumento en los niveles de contaminantes organoestañosos. Por otro lado, el desarrollo holobentónico de *A. monodon* hace improbable

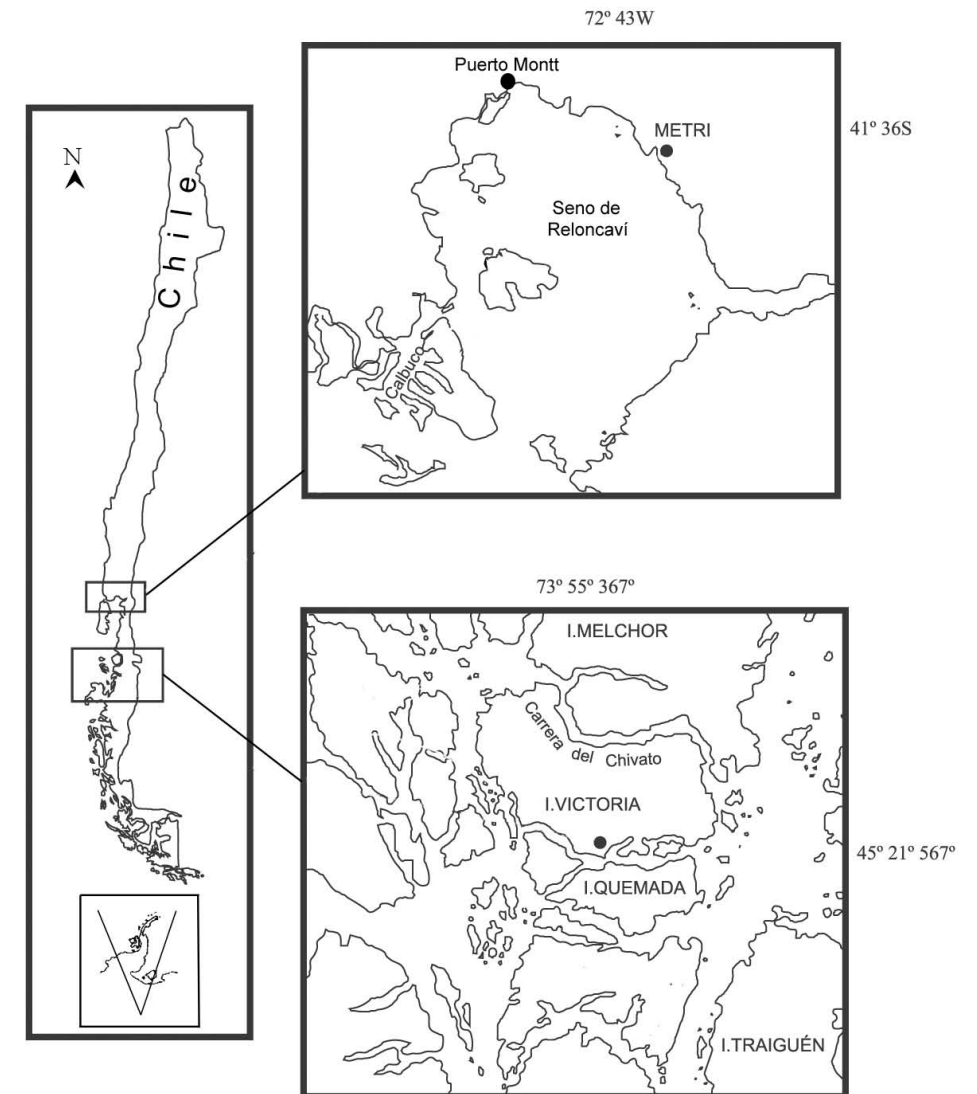


FIGURA 1. Localidades de muestreo de ejemplares de *Acanthina monodon* del presente estudio.

un reemplazo de individuos de esta población por larvas o caracoles sanos provenientes de otras zonas de aguas más limpias por lo cual el aumento podría deberse a una exposición más prolongada de los individuos a los contaminantes, considerando que en el presente estudio se muestrearon animales varios años después del estudio de Gooding *et al.* (1999). En Chile central se ha informado que ejemplares de *A. monodon* perduran en localidades específicas un largo tiempo, lo que permitiría mayor bioacumulación de compuestos contaminantes (Osorio y Huaquín 2003) y un posible aumento de incidencia de imposex con el transcurso del tiempo. Los índices RPSI y RPLI obtenidos en el presente estudio también fueron más altos que los obtenidos por Gooding *et al.* (1999) (0% y 0,74 respectivamente). Esto último debilita la posibilidad de un sesgo de muestreo como tercera explicación para las diferencias entre ambos estudios.

En el presente estudio confirmamos la ocurrencia de imposex en la población de *A. monodon* de Metri y la ausencia del fenómeno en los caracoles muestreados en isla Victoria. Esto sugiere disponibilidad de compuestos organoestañosos en Metri, pero no necesariamente su ausencia en isla Victoria. Sería útil estimar la concentración de estos compuestos en esta localidad y en otras áreas para determinar la extensión de la contaminación por TBT en las costas del sur de Chile.

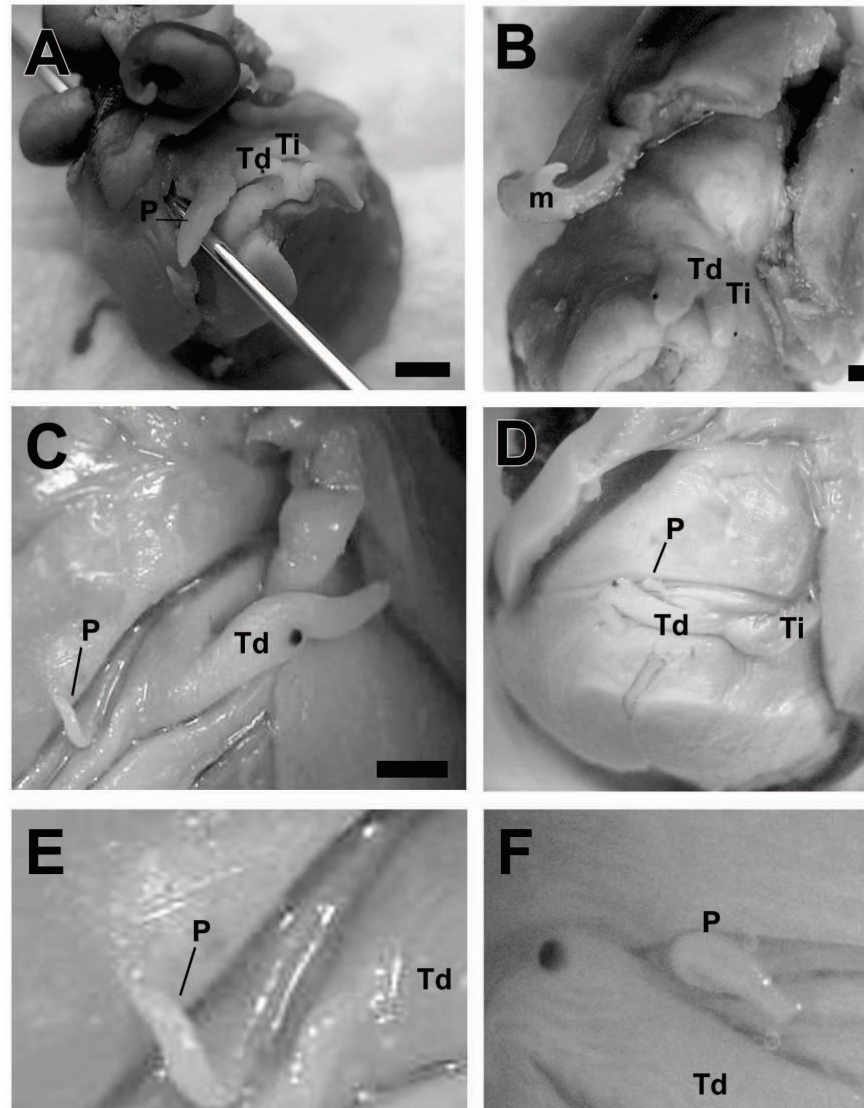


FIGURA 2. Adultos de *Acanthina monodon* examinados en el presente estudio. A. Macho. B. Hembra. C-F. Hembras con imposex muestreadas en Metri. E y F. Las mismas hembras vistas a mayor aumento. Abreviaciones: m= manto; P= pene; Td= tentáculo derecho; Ti= tentáculo izquierdo. Escala de barras: A y B= 5 mm; C-F= 1 mm.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución fue financiada por intermedio del Proyecto Biodiversidad de Aisén 2001-2003 otorgado por la Unión Europea, a través de CONAF XI región y Raleigh Internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRYAN, G.W., P.E. GIBBS, G. BURT. y L.G. HUMMERSTONE
1986 The decline of *Nucella lapillus* around southwest England: evidence for the effect of Tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66: 611-640.
- BRYAN, G.W., P.E. GIBBS, G. BURT. y L.G. HUMMERSTONE
1987 The effect of Tributyltin (TBT) accumulation on adult dog-whelks, *Nucella lapillus*: long term field and laboratory Experiments. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 67: 525-544.

- BRYAN, G.W., P.E. GIBBS y G. BURT
1988 A comparison of the effectiveness of tri-n-butyltin chloride and five other organotin compounds in promoting the development of imposex in the dog-whelk, *Nucella lapillus*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 68: 733-744.
- COLLADO, G., C. OSORIO y M. RETAMAL.
2010 Imposex en los caracoles marinos *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) y *Nassarius coppingeri* E. A. Smith, 1881, en el sur de Chile. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar* 33 (1): 67-76.
- DAVIES, I.M., S.K. BAILEY y D.C. MOORE
1987 Tributyltin in Scottish sea lochs, as indicated by the degree of imposex in the dogwhelk, *Nucella lapillus* (L.). *Marine Pollution Bulletin* 18: 400-404.
- ELLIS, D.V. y L.A. PATTISSINA
1990 Widespread neogastropod imposex: a biological indicator of global TBT contamination? *Marine Pollution Bulletin* 21: 248-253.
- FIORONI, P., J. OEHLMANN y E. STROBEN
1991 The pseudohermaphroditism of prosobranchs; morphological aspect. *Zoologischer Anzeiger* 226: 1-26.
- GIBBS, P.E. y G.W. BRYAN
1996 TBT-induced imposex in neogastropod snails: masculinization to mass extinction. pp. 212-236. En: De Mora SJ (eds). *Tributyltin: case study of an environmental contaminant*. Cambridge University Press. Cambridge.
- GIBBS, P.E. y G.W. BRYAN
1987 TBT paints and demise of the dog-whelk *Nucella lapillus* (Gastropoda). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 68:1482-1487.
- GIBBS, P.E. y G.W. BRYAN
1986 Reproductive failure in populations of dog-whelk *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from anti-fouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66: 767-777.
- GIBBS, P.E., G.M. BRYAN, P.L. PASCOE y G.R. BURT
1987 The use of dog-whelk *Nucella lapillus*, as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 67: 507-523.
- GIBBS, P.E., P.L. PASCOE y G.R. BURT
1988 Sex change in the female dogwhelks *Nucella lapillus*, induced by tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 68: 715-731.
- GIBBS, P.E., P.L. PASCOE y G.W. BRYAN
1991 Tributyltin induced imposex in stenoglossan gastropods: Pathological effects on the female reproductive system. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology y pharmacology* 100 (1/2): 231-235.
- GOODING, M., C. GALLARDO y G. LEBLANC
1999 Imposex in three Marine Gastropod species in Chile and potential impact on muriciculture. *Marine Pollution Bulletin* 38 (12): 1227-1234.
- HUAQUÍN, L., C. OSORIO, G. COLLADO y R. VERDUGO
2004 Morphological changes in the reproductive system of females affected with "imposex" in populations of *Acanthina monodon* (Pallas, 1774) (Gastropoda: Muricidae) in Chile coasts. *Invertebrate Reproduction and Development* 46 (2-3): 111-117.
- JENNER, M.G.
1979 Pseudohermaphroditismo in *Ilyanassa obsoleta* (Mollusca: Neogastropoda). *Science* 205: 1407-1409.
- MATTHIESSEN, P. y P.E. GIBBS
1998 Critical appraisal of the evidence for tributyltin-mediated endocrine disruption in mollusks. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17: 37-43.
- OEHLMANN, J. y C. BETTIN
1996 Tributyltin-induced imposex and the role of steroids in marine snails. *Malacological review, Supplement* 6, *Molluscan Reproduction*: 157-161.
- OEHLMANN, J.E., E. STROBEN y P. FIORONI
1991 The morphological expression of imposex in *Nucella lapillus* (Linnaeus) (Gastropoda: Muricidae). *Journal of Molluscan Studies* 57: 375-390.
- OEHLMANN, J.E., P. FIORONI, E. STROBEN y B. MARKET
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. y L. HUAQUÍN
2003 Alteración de la sexualidad de *Achantina monodon* (Pallas, 1774) (Gastropoda: Muricidae) en el litoral de Chile Central. *Revista Ciencia y Tecnología del Mar* 26 (2): 97-107.

REID, D. y C. OSORIO

2000 The shallow - water marine Mollusca of the Estero Elefantes and Laguna San Rafael, southern Chile. Bulletin of the Natural History Museum, London (Zoology) 66 (2): 109-146.

SMITH, B.S.

1971 Sexuality in the American mud snail, *Nassarius obsoletus* Say. Proceedings of the Malacological Society of London 39: 377-378.

STROBEN, E.J., J. OEHLMANN y P.FIORONI

1992 The morphological expression of imposex in *Hinia reticulata* (Gastropod: Buccinidae): a potential indicator of tributyltin pollution. Marine Biology 113: 625-636.

SWENNEN, C., S.RUTTANADAKUL, H.R.SINGH, B.P.MENSINK y C.C. TEN HALLERS-TJABBES

1997 Imposex in sublittoral and littoral gastropods from the gulf of Thailand and Strait of Malacca in relation to shipping. Environmental Technology 18:1245-1254.

TEN HALLERS-TJABBES, C.C, J.F. KEMP y J.P. BOON

1994 Imposex in whelks (*Buccinum undatum*) from the open North Sea: Relation to shipping traffic intensities. Marine Pollution Bulletin 28: 311-313.

WU, S.K.

1985 The genus *Acanthina* (Gastropoda: Muricacea) in West America. Special Publications of the Mukaishima Marine Biological Station 236: 45-66.