

Recuperación en el crecimiento normal de las ostras *Crassostrea gigas* en la Bahía de Santander (Cantabria): efectos de la prohibición del biocida TBT

Recovery in the normal growth patterns of Crassostrea gigas oysters in the Santander Bay (Cantabria): effects of the TBT biocide ban

Rubén Higuera-Ruiz¹ y Javier Elorza²

¹Departamento de Biología y Geología, Instituto de Educación Secundaria La Albericia, Avda. del Deporte s/n, 39012 Santander, Cantabria. ruben.higuera@ehu.es

²Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad del País Vasco, Apdo. 644, 48080 Bilbao. josejavier.elorza@ehu.es

ABSTRACT

The morphological and biometrical study of the oyster *Crassostrea gigas* in the Santander Bay (Cantabria) indicates that most of the bivalve specimens exhibit normal shell growth patterns. This is in sharp contrast to previous studies, which showed shell abnormalities developed due to the exposition to tributyltin (TBT), an additive found in antifouling paints until its total ban in 2008. Therefore, the ban of the chemical has had a positive effect on the marine ecosystem, with no severe and quick effects of new antifoulings, probably present in the waters, on the oyster shells.

Key-words: *Crassostrea gigas*, biometrical indices, TBT, Santander Bay.

RESUMEN

El estudio morfológico y biométrico de las ostras *Crassostrea gigas* en la Bahía de Santander (Cantabria) indica que la mayoría de estos bivalvos exhiben actualmente patrones de crecimiento normales, en contraposición a estudios previos, que indicaban desarrollo de anomalías en las conchas debido a su exposición al tributilo de estaño (TBT), un aditivo presente en pinturas antiincrustantes hasta su prohibición total en 2008. Por lo tanto, la prohibición del agente químico ha tenido un efecto positivo en el ecosistema marino, no detectándose efectos severos y rápidos de los nuevos antiincrustantes, probablemente presentes en las aguas, sobre la concha de las ostras.

Palabras clave: *Crassostrea gigas*, índices biométricos, TBT, Bahía de Santander.

Geogaceta, 57 (2015), 115-118.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 29 de junio de 2014
Fecha de revisión: 22 de octubre de 2014
Fecha de aceptación: 28 de noviembre de 2014

Introducción

El análisis morfológico y microestructural de la concha de las ostras es útil para determinar la presencia continuada de contaminantes en el medio marino, incluso en concentraciones muy pequeñas (ng/L). Así, las valvas de la especie *Crassostrea gigas*, por su plasticidad morfológica y modelo de crecimiento repetitivo, omnipresencia en las zonas intermareales, y forma de vida sésil, han sido utilizadas como bioindicador de la presencia del agente biocida tributilestaño (TBT) (Waldock *et al.*, 1996; Higuera-Ruiz y Elorza, 2009; Ibisate, 2011). Este compuesto organometálico ha sido empleado profusamente como aditivo, durante las últimas décadas, en pinturas antiincrustantes en los buques. A partir de enero de 2008,

fue prohibido totalmente por la legislación europea por sus efectos nocivos para la biota marina (Reglamento 782/2003/CE). Entre estos efectos, además de malformaciones en la concha de las ostras y mortalidad en ejemplares juveniles (Alzieu *et al.*, 1982), se han detectado: modificaciones en el mecanismo de calcificación de la almeja *Anodonta cygnea* (Machado *et al.*, 1989), desarrollo de caracteres masculinos (*imposex*) en las hembras de los gasterópodos marinos *Nassarius reticulatus* (Rodríguez *et al.*, 2009) y *Buccinum undatum* (Poloczanska y Ansell, 1999) y hermafroditismo (intersex) en mejillones *Mytillus galloprovincialis* (Ortiz-Zarragoitia y Cajaraville, 2010).

En trabajos previos llevados a cabo en la Bahía de Santander, observamos engro-

samientos anormales y otras malformaciones en las valvas de *C. gigas*, provocadas por el compuesto organoestánico mencionado (Higuera-Ruiz y Elorza, 2004, 2009; Díaz *et al.*, 2007; Higuera-Ruiz, 2007). En este estudio hemos reproducido la recogida en los puntos de muestreo anteriores y utilizado la misma metodología de trabajo, a fin de comparar y determinar una posible normalización en el crecimiento de estos bivalvos a consecuencia de la prohibición en el uso de TBT.

Puntos de muestreo y metodología

En agosto de 2013 se recogieron en un mismo día un total de 40 ostras vivas, en las dos zonas de muestreo estudiadas en

los trabajos preliminares. Por un lado, se tomaron 13 ejemplares en el parque de cultivo ostrícola del estuario de San Vicente de la Barquera (Cantabria). Latitud: $43^{\circ} 22' 37''$ N, Longitud: $4^{\circ} 23' 1''$ W. El estuario de San Vicente de la Barquera (en adelante SVC) alcanza unos $3,5 \text{ km}^2$ de extensión, y no registra apenas tráfico de embarcaciones ni contaminación. Es por ello que las muestras recogidas se tomaron como referente morfológico.

La segunda zona de muestreo (con dos puntos de recogida, 27 ejemplares) está localizada en la Bahía de Santander, la mayor de Cantabria, con unos 24 km^2 de extensión. El primer punto de muestreo, Puerto Deportivo de Santander (en adelante PdS, 13 ejemplares), se localiza en los bloques rocosos de una pequeña escollera situada junto al Puerto Deportivo "Marina del Cantábrico", en la margen oeste de la Bahía (Figs. 1A y B). Latitud: $43^{\circ} 25' 55''$ N, Longitud: $3^{\circ} 48' 44''$ W. El segundo punto de muestreo, Pedreña (en adelante Pe, 14 ejemplares), se localiza en los bloques de otra escollera, en la margen este de la Bahía y en una zona con cierto trasiego de embarcaciones junto a un pequeño puerto deportivo (Figs. 1A y C). Latitud: $43^{\circ} 26' 55''$ N, Longitud: $3^{\circ} 46' 30''$ W.

Una vez en el laboratorio, las muestras se mantuvieron en lejía diluida (NaClO al 10%) durante 24 horas, para eliminar la materia orgánica y los restos de sedimentos adheridos a las mismas. Posteriormente se limpió y retiró el cuerpo blando. Para poder caracterizarlas mejor, las valvas se cortaron con una sierra de precisión y disco de diamante. El sentido de corte fue longitudinal según el eje mayor de crecimiento, buscando atravesar la impresión muscular (cicatriz del músculo aductor). Sobre cada ejemplar se midieron las siguientes magnitudes: a) peso de valva derecha y valva izquierda, utilizando una balanza de precisión (0,01 gr), previamente eliminada la humedad al mantener la concha en una estufa a $\approx 50^{\circ} \text{C}$ durante 24 horas; b) volumen (ml), utilizando el Método de Arquímedes, tanto el volumen externo de la concha, como el volumen máximo de su cavidad interna. Esto último, con la ayuda de moldes de plastilina; c) longitud (cm) de cada valva en x-y-z, utilizando un calibre. Determinadas las magnitudes anteriores, se calcularon tres índices biométricos para caracterizar las morfologías: Índice de engrosamiento (IE), Índice de Peso (IP) e Índice de Volumen (IV).

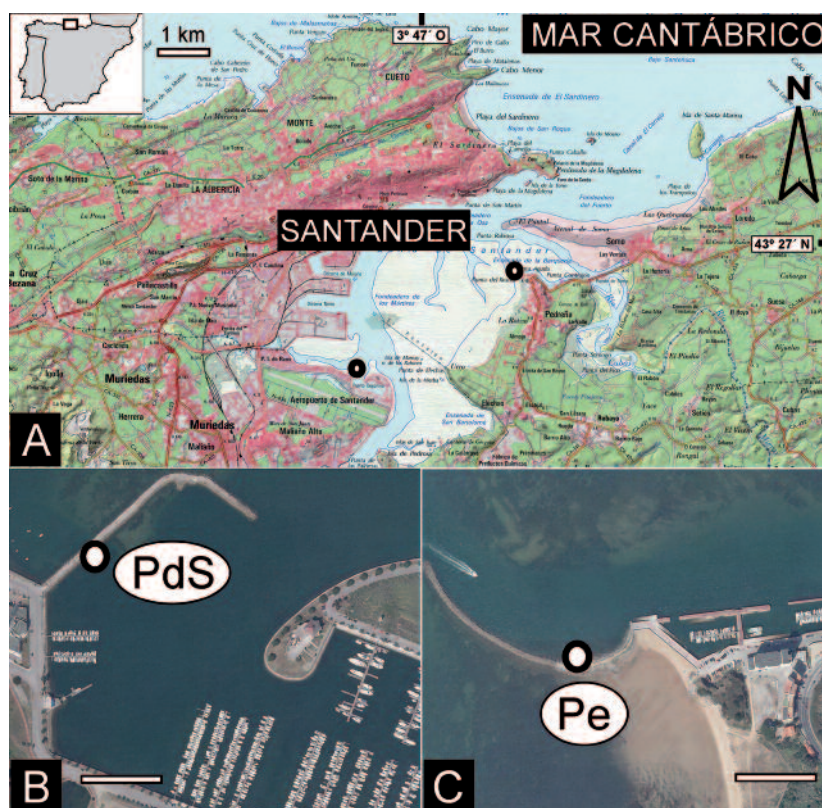


Fig. 1.- A) Localización geográfica y áreas de muestreo. B) Área de muestreo junto al Puerto deportivo de Santander (PdS). C) Área de muestreo junto al Puerto deportivo de Pedreña (Pe). En B y C la barra horizontal representa 100 m.

Fig. 1.- A) Geographic location of collecting areas. B) Collecting area near the Santander marina (PdS). C) Collecting area near the Pedreña marina (Pe). In B and C the horizontal bar represents 100 m.

Morfología

Las valvas de las ostras, formadas por carbonato cálcico, muestran una variabilidad morfológica, condicionada por factores taxonómicos, internos y ambientales. Al pertenecer todas las muestras estudiadas a la misma especie, *C. gigas*, se considerarán únicamente influyentes los condicionantes ambientales. Entre ellos, además de la presencia del TBT, cabría mencionar: la naturaleza y morfología del sustrato, la disponibilidad de alimento, el grado de turbidez de las aguas, la velocidad de la corriente y las adaptaciones defensivas frente a anélidos poliquetos perforantes, como los del género *Polydora*.

En las muestras de referencia, sin la influencia de TBT, tomadas en el parque de cultivo ostrícola de SVC, la valva derecha exhibe una morfología pseudo-planar (Fig. 2A), mientras que la izquierda, con una cavidad vital más desarrollada, manifiesta un hábito pseudo-cóncavo. La impresión del músculo aductor en la valva derecha exhibe una marcada migración dorso-ventral, mostrando un ángulo inferior a 45° con la hori-

zontal (Fig. 2A). En sección longitudinal, por efecto de la inversión quincenal en la posición de los sacos de cultivo, se observan hasta 6 cámaras en la valva derecha, mientras que en la izquierda no aparecen o muestran un desarrollo muy limitado. Estas cámaras están parcial o totalmente rellenas por sedimento detrítico de grano fino (limo-arcilla), cuya mineralogía principal, determinada mediante DRX, consiste en cuarzo y calcita, además de cantidades traza de feldespato e illita. La tasa media de crecimiento dorso-ventral de estos ejemplares ha sido estimada en $0,46 \text{ cm/mes}$ (Higuera-Ruiz, 2007).

En la Bahía de Santander, tanto las ostras recogidas en la escollera situada junto al PdS, como las de la localidad de Pedreña (Pe), muestran un mayor grado de asimetría en sus valvas, así como una variabilidad morfológica más evidente. En ambas escolleras se observaron ejemplares con morfología retorcida, en clara adaptación al sustrato irregular rocoso. Sobre el corte longitudinal de la valva derecha se observa un número variable de cámaras (Figs. 2B y F), pudiendo estar incluso ausentes (Figs. 2C y

E). Cuando se encuentran, pueden estar vacías o rellenas de sedimento detrítico de grano un poco más grueso que en las ostras de SVC. La valva izquierda, normalmente de mayor tamaño, cuando presenta cámaras lo hace en menor número que la derecha. En estos últimos ejemplares, la impresión del músculo aductor en la valva derecha muestra escasa migración hacia el margen posterior (el opuesto al umbo), definiendo un ángulo mayor de 45° con la horizontal (Fig. 2F); además, la zona del umbo está bastante desarrollada. Si bien, lo habitual es observar ostras en las que se evidencian crecimientos marcados desde el margen anterior (zona del umbo) hacia el posterior (Figs. 2C y D), e impresiones musculares que migran de forma definida hacia este último margen, delimitando un ángulo menor de 45° con la horizontal (Fig. 2E).

Índices biométricos

En relación a los índices biométricos, se han comparado los valores registrados para las ostras del PdS y Pe, con aquellos obtenidos en el trabajo preliminar de Higuera-Ruiz y Elorza (2004), previo a la prohibición total del uso del TBT.

A) *Índice de Engrosamiento (IE)*: es el cociente entre la longitud mayor y el espesor de la valva derecha (Alzieu *et al.*, 1982). Si el valor del IE es ≤ 10 (Figs. 3A y B), se considera que la concha muestra un engrosamiento anormalmente elevado; en cambio, si es > 10 , la concha tiene unas dimensiones normales. Al comparar los valores determinados en el año 2004 y los del 2013, se aprecia que en el primer caso todos los ejemplares exhibían un desarrollo anómalo, con promedios de 3,4 (Figs. 2G y H), mientras que en 2013 el porcentaje se ha reducido a menos de la mitad en el caso de (promedio de 11,5) y a la mitad aproximadamente en el caso de Pe (promedio también de 11,5 en el IE, Figs. 3A y B). El valor promedio del (IE) registrado para las ostras del parque ostrícola referente (SVC) ha sido de 12,5.

B) *Índice de Volumen (IV)*: es el cociente entre volumen externo (volumen total) y el volumen interno de la cavidad paleal. Según Higuera-Ruiz y Elorza (2004), valores del IV < 3 (Figs. 3C y D) indican un crecimiento normal, mientras los superiores denotan un desarrollo anómalo. Las ostras estudiadas han pasado de exhibir valores superiores a 3 en el año 2004, tanto en Pe como en PdS

(promedios de 4,0 y 4,7, respectivamente), a otros claramente inferiores en 2013 (promedio de 2 en ambos casos) (Figs. 3C y D). El valor promedio registrado del IV para las ostras del parque ostrícola referente (SVC) ha sido de 2,6.

C) *Índice de Peso (IP)*: se define como el cociente entre el peso de la valva derecha y el peso de la valva izquierda. Según Higuera-Ruiz y Elorza (2004), si el valor del IP < 1 (Figs. 3E y F), las ostras muestran un crecimiento normal, mientras que si este índice es > 1 , el desarrollo de la concha es anómalo. Si se comparan los datos de 2004 y 2013, se observa que las ostras han pasado de mostrar, tanto en el PdS como en Pe, un crecimiento anómalo a desarrollar otro normal, bien en todos los casos en Pe, o en la inmensa mayoría en PdS. Se ha pasado de valores promedio de IP de 1,4 y 2,0 a otros de 0,6 y 0,7 respectivamente, que son similares a los valores mostrados (0,7) por las ostras del parque ostrícola referente (SVC).

Discusión

Trabajos anteriores de caracterización con las ostras de la Bahía de Santander han

indicado una continuada y destacable esfericidad de los ejemplares estudiados (Figs. 2G y H), anomalías en la calcificación de las valvas y valores anormales en los índices biométricos analizados (Higuera-Ruiz y Elorza, 2004; Díaz *et al.*, 2007). Estas malformaciones, siempre acompañadas de múltiples cámaras en la valva derecha (*chambering*), han sido relacionadas con la presencia en el medio del TBT (Alzieu *et al.*, 1982; Ibsate y Elorza, 2007). El TBT ha sido incorporado desde 1960 en las pinturas de los barcos de manera generalizada; si bien, su utilización fue prohibida primero en embarcaciones de eslora inferior a 25 m (Directiva 1999/51/CE), y posteriormente, desde enero de 2008, en todo tipo de embarcaciones.

Sin embargo, hay que tener presente que la prohibición es exclusiva sobre el uso del TBT, no de otras pinturas antiincrustantes como las llamadas autopulimentables libres de estaño. Estos biocidas están basados en acrilatos de cobre, cinc o silanos, los cuales pueden generar malformaciones menores sobre la biota. La eficiencia de estas pinturas no ha llegado a ser la misma que las que contenían TBT (Yebrá *et al.*, 2004).

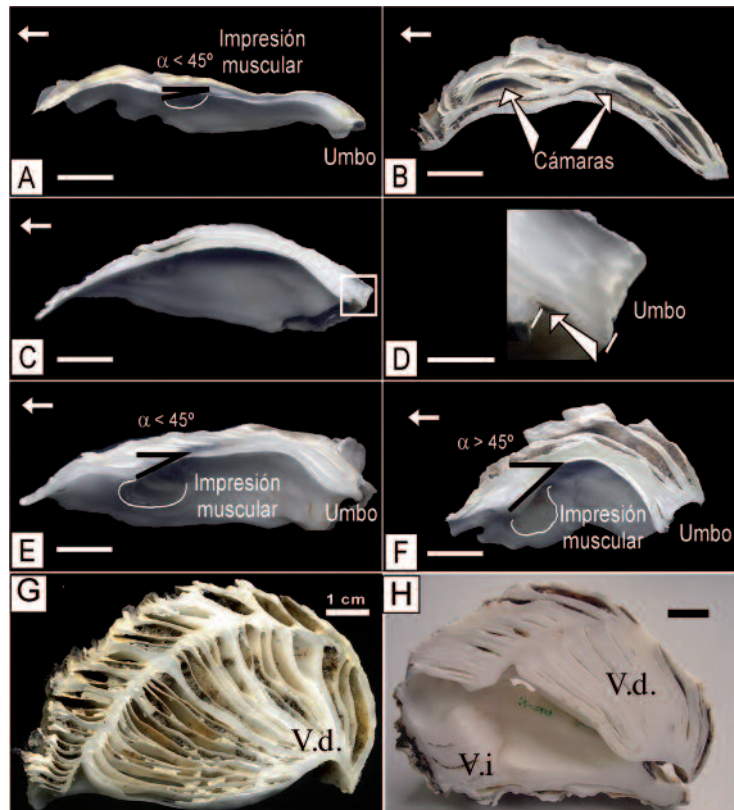


Fig. 2.- Secciones longitudinales. Ver explicación en el texto. En A, B, C, E y F la barra horizontal representa 1,5 cm, en D 0,5 cm y en H 1 cm. V.d. y V.i.: valvas derecha e izquierda.

Fig. 2.- Longitudinal sections. See text for further explanation. In A, B, C, E y F the horizontal bar represents 1,5 cm, in D 0,5 cm and in H 1 cm. V.d. and V.i.: right and left valves.

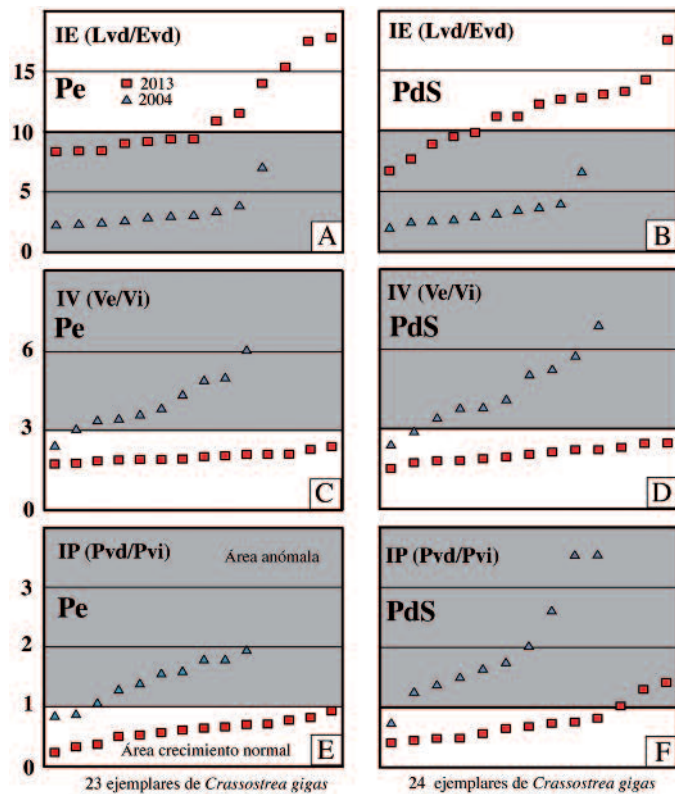


Fig. 3.- Valores de los índices biométricos (IE: índice de engrosamiento, IV: índice de volumen, IP: índice de peso). Ver explicación en el texto.
 Fig. 3.- Values of the biometric indices (IE: Shell thickness index, IV: volume index, IP: weight index) See text for further explanation.

Un primer examen visual, apoyado por los índices biométricos utilizados, pone de manifiesto morfologías diferenciadas entre las ostras del parque ostrícola referente (SVC) y las silvestres de la Bahía de Santander. Además de ello, se evidencia una evolución de los patrones de crecimiento en las ostras de la Bahía de Santander (Pe y PdS). Los especímenes han pasado de mostrar una destacable esfericidad (*balling*), debido al excesivo engrosamiento de la valva derecha y al desarrollo de múltiples cámaras (>10), a exhibir morfologías más planares. Actualmente las ostras de la Bahía de Santander registran un mayor grado de similitud respecto a las de cultivo en SVC, detectándose tan solo en un porcentaje reducido de ejemplares un ligero engrosamiento anormal de la valva derecha y su umbo, junto con una impresión muscular estancada en una posición casi invariante (ángulos < 45° con la horizontal), hecho que denotaría un crecimiento anómalo (Higuera-Ruiz y Elorza, 2011). Esta recuperación morfológica, queda registrada también en los índices biométricos analizados. Las ostras han pasado de mostrar valores del IE próximos a 3, a promedios de 11,5, propios de un crecimiento normal. No obstante, algunos ejemplares todavía muestran valores menores de 10, lo que podría indicar que nos encontramos en el periodo final de transición hacia la desaparición completa del

TBT o bien que el biocida utilizado libre de estaño, después de la prohibición, genera menores efectos deformantes en *C. gigas*. Los resultados obtenidos en los valores del IP son en la mayoría de los casos inferiores a 1, y comparables a los que muestran las ostras del estuario sin contaminar (SVC), estando muy alejados de los IP próximos a 2 que señalaban un engrosamiento severo en 2004. Del mismo modo, los valores del IV han pasado de >3 a promedios de 2, que denotan un crecimiento normal, con una cavidad vital bien desarrollada (Higuera-Ruiz y Elorza, 2004).

Conclusiones

El estudio morfológico y biométrico de *C. gigas* en la Bahía de Santander, ha permitido registrar una apreciable recuperación en los patrones de crecimiento normal de las ostras, tras cinco años de prohibición total del agente biocida tributilestaño (TBT) en las pinturas de las embarcaciones. Un elevado porcentaje de las ostras de la Bahía de Santander muestran actualmente: a) valores de los índices biométricos utilizados próximos a los de las ostras no contaminadas, b) escaso grado de formación de cámaras en la valva derecha, c) desarrollo del umbo y de la cavidad paleal acorde con los parámetros considerados como normales, y d) una impresión del músculo aductor que migra, de

forma mantenida, en sentido dorso-ventral, definiendo un crecimiento normal. Un futuro estudio geoquímico deberá corroborar si el TBT ha desaparecido completamente del medio, y si nuevos antiincrustantes provocan algún tipo de anomalía morfológica sobre *C. gigas*.

Agradecimientos

Agradecemos a L. M. Serrano (Ostranor S.L.) por las facilidades dadas en el acceso a las instalaciones y la utilización de las ostras recogidas en el parque de cultivo (SVC).

Referencias

Alzieu, C., Héral, M., Thibaud, Y., Dardignac, M.J. y Feuillet, M. (1982). *Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes* 45, 100-116.
 Díaz, J., Higuera-Ruiz, R., Elorza, J., Irabien, A. y Ortiz, I. (2007). *Chemosphere* 67, 623-629.
 Higuera-Ruiz, R. (2007). *Estudio petrológico y geoquímico de inoceramidos (Bivalvia) del Cenomaniense-Turonense y ostras del Albiense-Cenomaniense frente a actuales en la Cuenca Vasco-Cantábrica: implicaciones ambientales y diagenéticas*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco, 364 p.
 Higuera-Ruiz, R. y Elorza, J. (2004). *Geogaceta* 36, 147-150.
 Higuera-Ruiz, R. y Elorza, J. (2009). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 201-213.
 Higuera-Ruiz, R. y Elorza, J. (2011). *Environmental Technology* 32, 583-591.
 Ibisate, R. (2011). *Alteraciones en C. gigas debidas a la presencia de Tributilestaño. Estudio comparativo e implicaciones diagenéticas en ostras del límite Aptiense inferior-superior (Cuenca Vasco-Cantábrica)*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco, 278 p.
 Ibisate, R. y Elorza, J. (2007). *Geogaceta* 43, 99-102.
 Machado, J., Coimbra, J. y Sá, C. (1989). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 92, 77-80.
 Ortiz-Zarragoitia, M. y Cajaraville, M.P. (2010). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73, 693-701.
 Poloczanska, E.S. y Ansell, A.D. (1999). *Marine Environmental Research* 47, 203-212.
 Rodríguez, J.G., Tueros, I., Borja, A., Franco, J., García Alonso, J.I., Garmendia, J.M., Muxika, I., Sarieo, C. y Valencia, V. (2009). *Continental Shelf Research* 29, 1165-1173.
 Waldock, M.J., Thain, J.E. y Waite, M.E. (1996). En: *Organotin: Environmental fate and effects*. (M.A. Champ y P.F. Seligman, Eds.). Chapman & Hall, 219-237.
 Yebra, D.M., Kiil, S. y Dam-Johansen, K. (2004). *Progress in Organic Coatings* 50, 75-104.