

Adaptación morfológica y microestructural de *Crassostrea* sp. en zonas de bahía contaminadas de Cantabria. Estudio preliminar

Morphological and microstructural adaptation of Crassostrea sp. in polluted bay areas of Cantabria. A preliminary study

R. Higuera-Ruiz (*) y J. Elorza

Dpto. Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco, Apdo. 644; 48080 Bilbao
(*)E-mail: npbhirur@lg.ehu.es

ABSTRACT

The morphological and microstructural study of the *Crassostrea* sp. shell in three estuaries/bays of Cantabria, such as the San Vicente de la Barquera Bay, the Santander Bay and the Marismas de Santoña is presented. It indicates that oysters of Santander Bay have developed shell anomalies, probably due to the exposition to tributyltin (TBT), a dangerous chemical agent that is used in antifouling paints. In the other estuaries/bays, the oysters have not shown any detectable anomaly.

Key words: *Crassostrea* sp., bay, morphology, microstructure, TBT, Cantabria.

Geogaceta, 36 (2004), 147-150
ISSN:0213683X

Introducción

El análisis de la concentración de metales y compuestos orgánicos en las partes blandas (glándula digestiva y gónadas) de los moluscos, es una de las formas más usadas para determinar la presencia de una continuada contaminación ambiental en las aguas de un estuario. Ello convierte a determinados bivalvos en especies "centinela", pues señalan la salud medioambiental del ecosistema marino. Sin embargo, esta metodología no requiere analizar la concha, y quedan sin observar las modificaciones que pueden registrarse en su crecimiento. Los bivalvos como organismos filtradores, segregan la concha carbonatada en equilibrio con el agua marina de su entorno (Bathurst, 1975), por lo que parece oportuno completar el análisis orgánico con un estudio morfológico y microestructural de la misma. Ello permitirá determinar si hubo cambios controlados por las condiciones medioambientales. En este trabajo, ha sido escogida la ostra *Crassostrea* sp., dada su omnipresencia en las zonas intermareales de todos los estuarios de Cantabria; por su forma de vida sésil, que permite el seguimiento continuo en un mismo entorno; y por su supervivencia a la contaminación y rápido desarrollo. Por último, la existencia de industrias de cultivo de ostras, servirá como contrastado control medioambiental. El objetivo concreto de este trabajo preliminar, ha sido caracterizar y comparar la morfología y microestructura de 50 ejemplares de *Crassostrea* sp., reco-

gidos en tres estuarios de Cantabria con diverso grado de contaminación.

Puntos de muestreo y Metodología

Cantabria posee una amplia tradición en el cultivo de bivalvos marinos. Ya en el año 1885, existían concesiones de parques de ostricultura en la Bahía de Santander y

en San Vicente de la Barquera. Actualmente, se explotan cinco concesiones, con una extensión total de 429.264 m². Tres ubicadas en la Bahía de Santander, dedicadas a almeja y ostra; una en la Bahía de Santoña, dedicada a almeja, y por último otra en la Bahía de San Vicente de la Barquera, dedicada a ostra (datos de la Consejería de Ganadería, Agricultura y Pesca de Cantabria).

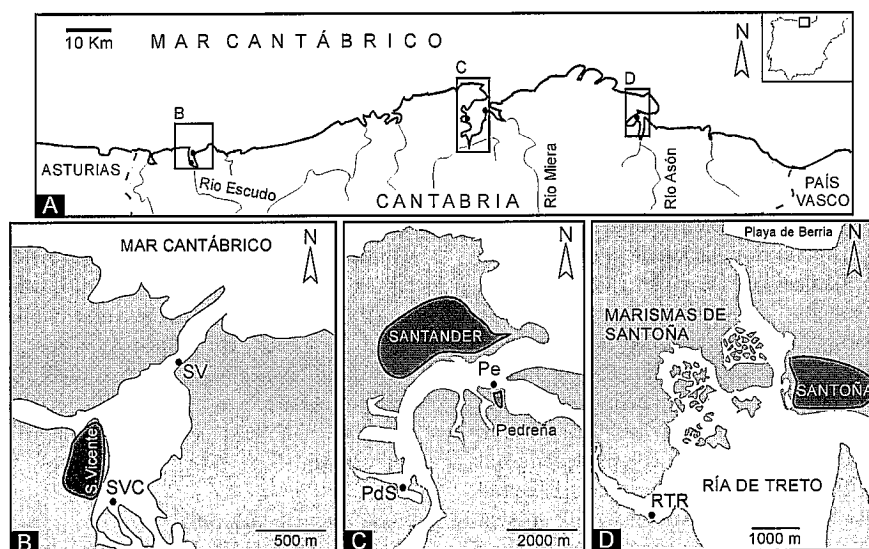


Fig. 1.- A) Localización geográfica y áreas de muestreo. B) Bahía de San Vicente de la Barquera; SVC: San Vicente cultivado, SV: San Vicente. C) Bahía de Santander; PdS: Puerto deportivo de Santander, Pe: Pedreña. D) Marismas de Santoña; RTR: Ría de Treto.

Fig. 1.- A) Geographic location and testing areas. B) San Vicente de la Barquera Bay; SVC: San Vicente cultivated, SV: San Vicente. C) Santander Bay; PdS: Santander Sport Nautical, Pe: Pedreña. D) Marismas de Santoña; RTR: Ría de Treto.

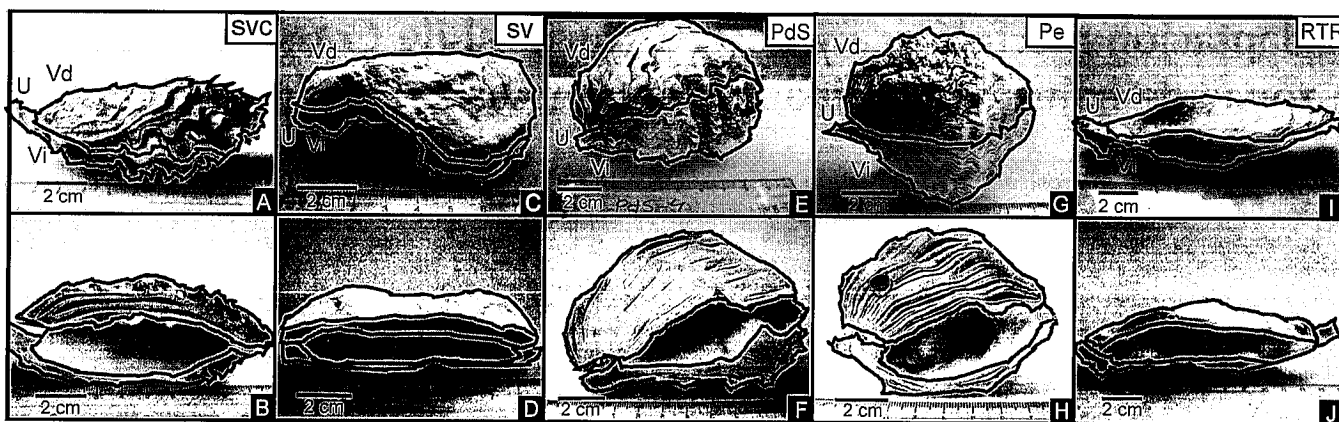


Fig. 2.- Morfologías externas (A, C, E, G, I), y secciones longitudinales (B, D, F, H, J), de las ostras de las diferentes áreas estudiadas. Umbo: U; valva derecha: Vd y valva izquierda: Vi.

Fig. 2.- External morphology (A, C, E, G, I), and longitudinal sections (B, D, F, H, J), of the different studied areas. Umbo: U; right valve: Vd and left valve: Vi.

Después de una cuidadosa prospección de los puntos de recogida más adecuados, en mayo de 2003 se tomaron simultáneamente 50 ostras vivas, ordenadas de oeste a este de la costa cántabra como sigue: dos series de 10 muestras de la Bahía de San Vicente de la Barquera; una procedente de un parque de cultivo (SVC), en la zona sur de la bahía; y la segunda (SV), extraída de los bloques del dique este, justo en la desembocadura al mar. Otras dos series de 10 muestras en la Bahía de Santander; una procedente de los bloques del dique cercano al Puerto Deportivo de Santander (PdS), en la zona oeste de la bahía; y otra en la zona este, en otro dique ya perteneciente a Pedreña (Pe). En las Marismas de Santoña, y concretamente en la Ría de Treto (RTR), se han tomado 10 muestras, en una zona de características diferentes a las anteriores, donde las ostras se instalan agrupadas en un sustrato firme, pero rodeadas de fango (Figs. 1A, B, C, D).

En el laboratorio se han abierto y retirado el cuerpo blando, para su posterior estudio biológico (Dpto. Biología Celular e Histología, UPV/EHU), la concha fue mantenida en lejía diluida durante 24 horas, provocando la eliminación de la materia orgánica adherida. Para poder caracterizar mejor ambas valvas, se han cortado con una sierra de precisión Buehler (modelo Isomet 2000). El sentido de corte ha sido el longitudinal según el eje de crecimiento (Fig. 2). Se han medido en cada valva las siguientes magnitudes: a) peso de valva derecha y valva izquierda, utilizando una balanza de precisión (0,01 grs.); 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, ayudados de moldes de plastilina; c) longitud (cm) de cada valva en x-y-z, utilizando un calibre. Posteriormente, se han preparado 50 láminas delgadas, para el estudio microestructural.

Morfología e índices morfológicos

Las ostras son organismos de vida sésil que se adhieren fuertemente a los sustratos duros por su valva izquierda. Las valvas son asimétricas y se unen en la zona del umbo gracias a un ligamento orgánico, la apertura y cierre se realiza mediante un músculo que produce una impresión característica. La concha, de carbonato cálcico, es segregada por la parte del cuerpo denominada manto. Las morfologías observadas son variadas, condicionadas por su adaptación al sustrato rocoso y fundamentalmente por las diferencias ambientales soportadas.

Bahía de San Vicente de la Barquera

Las ostras SVC (de cultivo), son consideradas como referente no contaminado. La valva derecha es de menor tamaño, con un umbo menos desarrollado, presenta un hábito con tendencia planar y abundantes costillas. La valva izquierda de hábito cóncavo, ofrece una cavidad paleal bien desarrollada. En sección longitudinal se observan de cuatro a seis cámaras en la valva derecha, mientras que en la izquierda no aparecen (Figs. 2A-B). Las ostras SV, crecidas libremente y de menor desarrollo, muestran la valva derecha con tendencia planar y la izquierda con morfología "retorcida", por adaptación al sustrato, y un umbo más desarrollado. Ambas valvas presentan pocas costillas. En sección longitudinal no se aprecian cámaras bien diferenciadas. (Figs. 2C-D).

En la Bahía de Santander

Las ostras PdS ofrecen una inusual morfología esférica, dado el gran volumen alcanzado por la valva derecha, que además se caracteriza por poseer un umbo muy desarrollado. Ambas valvas presentan una gran cantidad de costillas. En el corte longitudinal de la valva derecha se observa un gran número de cámaras (>10), ocasional-

mente vacías o parcialmente rellenas de sedimento detrítico (Figs. 2E-F). Las ostras Pe, son morfológicamente similares a las PdS, si bien, su volumen externo tiende a ser inferior (Figs. 2G-H).

Marismas de Santoña

Las ostras RTR viven rodeadas de sedimento, y desarrollan valvas alargadas, que alcanzan 13 cms de longitud con espesor inferior al cm; la valva derecha tiene un menor tamaño relativo respecto a la izquierda, con el umbo menos desarrollado. No se observan cámaras (Figs. 2I-J).

La utilización de tres índices nos permite una mejor cuantificación morfológica: A) Cociente entre el peso de la valva derecha y peso de la valva izquierda (Pvd/Pvi). En la Fig. 3A, se observan dos tendencias: SVC, SV y RTR presentan valores inferiores a la unidad en la mayoría de los casos (valores medios de 0.72; 0.67 y 0.70, respectivamente). Mientras, Pe y PdS, muestran valores superiores a la unidad (valor medio de 1.42 y 2.01, respectivamente). B) Índice de engrosamiento (IE) definido por Alzieu *et al.* (1982). Es el cociente entre la longitud y espesor de la valva derecha (Lvd/Evd); si el resultado es =10, se considera la concha anormalmente engrosada; si es > 10, la concha tiene un grosor normal. En la Fig. 3B, se observan dos comportamientos: el de SVC, SV y RTR con valores superiores a diez (valor medio de 12.5; 20.0 y 18.3, respectivamente); y el de Pe y PdS, con valores muy inferiores a 10 (valor medio 4.0 y 4.4, respectivamente). C) Cociente entre volumen externo y volumen interno (Ve/Vi). En la Fig. 3C, se aprecian tres tendencias: a) SVC y SV con valores extremos de 2 y 3.7 (valor medio 2.6 y 2.4, respectivamente); b) RTR con valores muy próximos entre sí, desde 1.8 a 2.3, y un valor medio de 2.1; c) Pe y PdS ofrecen valores completamente distintos a los anteriores, del orden

de tres a seis veces superiores (valor medio 4.0 y 4.4, respectivamente).

Microestructura de la concha

El exoesqueleto de las ostras está formado mayoritariamente por calcita, además de aragonito en la impresión muscular y ligostracum (Stenzel, 1963; Carriker y Palmer, 1979). En nuestro caso queda confirmado mediante difracción de rayos X. En todas las secciones estudiadas se han reconocido varios tipos de microestructuras (Figs. 4A-F): a) regular simple prismática (RSP) de calcita, situada en la parte más externa de la concha. Se trata de unidades prismáticas con una longitud media de 0,1 mm y anchura de 0,02 mm, adyacentes y mutuamente paralelas, reclinadas y sin estar interdigitadas (Figs. 4C y D). La impresión muscular, da lugar también a una microestructura RSP, de composición aragónica y prismas más finos (Fig. 4E); b) microestructura regular foliada (RF), formada por lamelas de calcita y con un ángulo variable en contacto con la RSP externa (Figs. 4C, D y F); c) microestructura foliada cruzada compleja (CCF) y en cono (Fig. 4E), observada principalmente en las ostras Pe y PdS; d) microestructura "chalk" (Gray 1833), conformada por una serie de cristales de calcita de pequeño tamaño, que dan lugar a una estructura foliada cruzada compleja (CCF) muy porosa e intercrecidos con una masa oscura de materia orgánica. En algunas ostras se conserva el ligostracum (Carriker y Palmer, 1979), capa prismática de aragonito, que en la zona del umbo une la calcita regular foliada (RF) con el ligamento orgánico. La terminología utilizada es la definida por Carter y Clark (1985).

Discusión

Un simple examen visual apoyado por los índices utilizados (Pvd/Pvi; IE y Ve/Vi), pone de manifiesto morfologías netamente diferenciadas. Las ostras SVC, tomadas como patrón morfológico, y las SV presentan valores normales en todos parámetros medidos, que permiten invocar un crecimiento regular, libre de contaminación medioambiental. Las conchas RTR, por los altos niveles de sedimentación de la Ría de Treto, y ante la necesidad de sobrevivir, muestran un fuerte desarrollo del eje x respecto al eje z, representado en el IE (alcanza valores de 11.2 a 31.2, con un valor medio de 18.3). Atención especial merece la morfología de las ostras de la Bahía de Santander (Pe y PdS) con su destacable esfericidad y con todos los índices diferenciados de los anteriores (Figs. 2 y 3). La existencia de esta "malformación" con múltiples cámaras, podría estar relacionada

con la presencia en las aguas de un agente tóxico antiincrustante denominado tributilo de estaño (TBT), incorporado como biocida en las pinturas de los barcos (Alzieu *et al.*, 1982; Thain *et al.*, 1987), y cuya utilización ha sido prohibida en embarcaciones de eslora inferior a 25m (Directiva 1999/51/CE de la Comisión Europea).

El estudio microestructural reconoce cuatro microestructuras principales en la concha: RSP, RF, CCF (en la Chalk), y CCF en cono (Fig. 4). Respecto a la funcionalidad de cada una de ellas se han propuesto varias hipótesis, así Andrus y Crowe (2000) indicaron que la RF precipita bajo un control que puede ser estacional, lunar o mareal, evidenciado por las líneas de crecimiento y valores isotópicos. Surge *et al.* (2001) abogan por un propósito netamente funcional, como sistema de estructuración firme de la concha. En nuestro trabajo, apostamos por una función estructural y de creación del "armazón" de la concha, aunque no se descarta que su formación pueda verse favorecida en algunas épocas del año de mayor desarrollo. Es en esta microestructura donde mejor quedan reflejadas las líneas de crecimiento. La chalk fue definida por Gray (1883). Orton y Amirthalangam (1927) y Ranson (1939) asumen que la chalk se forma cuando el manto pierde el contacto con la concha. Korringa (1951) habla de un propósito funcional, para ocupar rápidamente un volumen en la concha con un gasto mínimo de carbonato. En este trabajo, se ha observado que puede formarse en cualquier parte de la concha, si bien, tiende a presentarse en las zonas donde esta adquiere mayor curvatura, con el objetivo de "rellenar" los espacios vacíos generados (Figs. 4B y F). Respecto a la RSP, parece tener una función de refuerzo de la RF, ya que se encuentra protegiendo a esta, en la zona más expuesta al medio externo (Figs. 4C y D).

El reflejo morfológico y microestructural de la "malformación" de las conchas Pe y PdS, queda determinado por: a) un aumento en el número de cámaras de la valva derecha, ocasionalmente rellenas por sedimento o por restos de chalk (Fig. 4F); b) un aumento en el peso de la valva derecha (Fig. 3A); c) una disminución importante de la cavidad paleal, reflejada en el aumento del índice Ve/Vi (Fig. 3C); d) un predominio de la CCF en cono, fundamentalmente en las zonas de las valvas cercanas a las cámaras y e) un mayor desarrollo de la impresión muscular (Fig. 4E).

Conclusiones

El estudio morfológico y microestructural de *Crassostrea* sp. en la costa cántabra, permite identificar las ostras afectadas por un agente tóxico como es el tributilo de es-

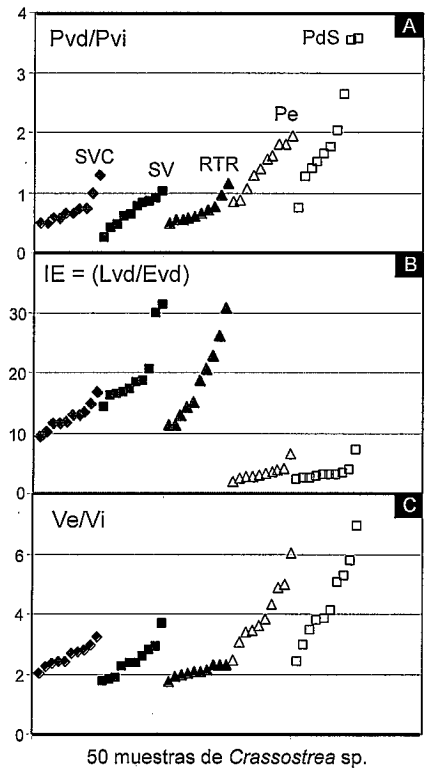


Fig. 3.- A) Relación peso valva derecha y peso valva izquierda (Pvd/Pvi) en las diferentes muestras. B) Índice de engrosamiento (IE). C) Relación entre volumen externo y volumen interno (Ve/Vi).

Fig. 3.- A) Relation between right valve and left valve weight (Pvd/Pvi) in the different samples. B) Shell thickness index (IE). C) Relation between external and internal volume (Ve/Vi).

taño (TBT). Las ostras contaminadas (Bahía de Santander) responden con formas esféricas, reflejadas en los índices utilizados (Pvd/Pvi; IE y Ve/Vi), junto con la generación de múltiples cámaras en la valva derecha, y un mayor desarrollo de su umbo. La microestructura de las ostras contaminadas da lugar a un predominio de la CCF en cono, frente a las no contaminadas, mayoritariamente formadas por RF. Además, se evidencia un mayor desarrollo de la impresión del músculo y disminución de la cavidad paleal.

Agradecimientos

Este estudio forma parte de la Tesis Doctoral de R. Higuera-Ruiz y ha sido financiado por los proyectos de investigación 9/UPV 00130.310-14596/2002 y BTE2003-00733. Agradecemos a L. M. Serrano (Viveros Barquereños) su ayuda e información sobre los métodos de cultivo de las ostras.

Referencias

Andrus, C.F.T. y Crowe, D.E. (2000): *Jour. of Arch. Scienc.*, 27:33-42.

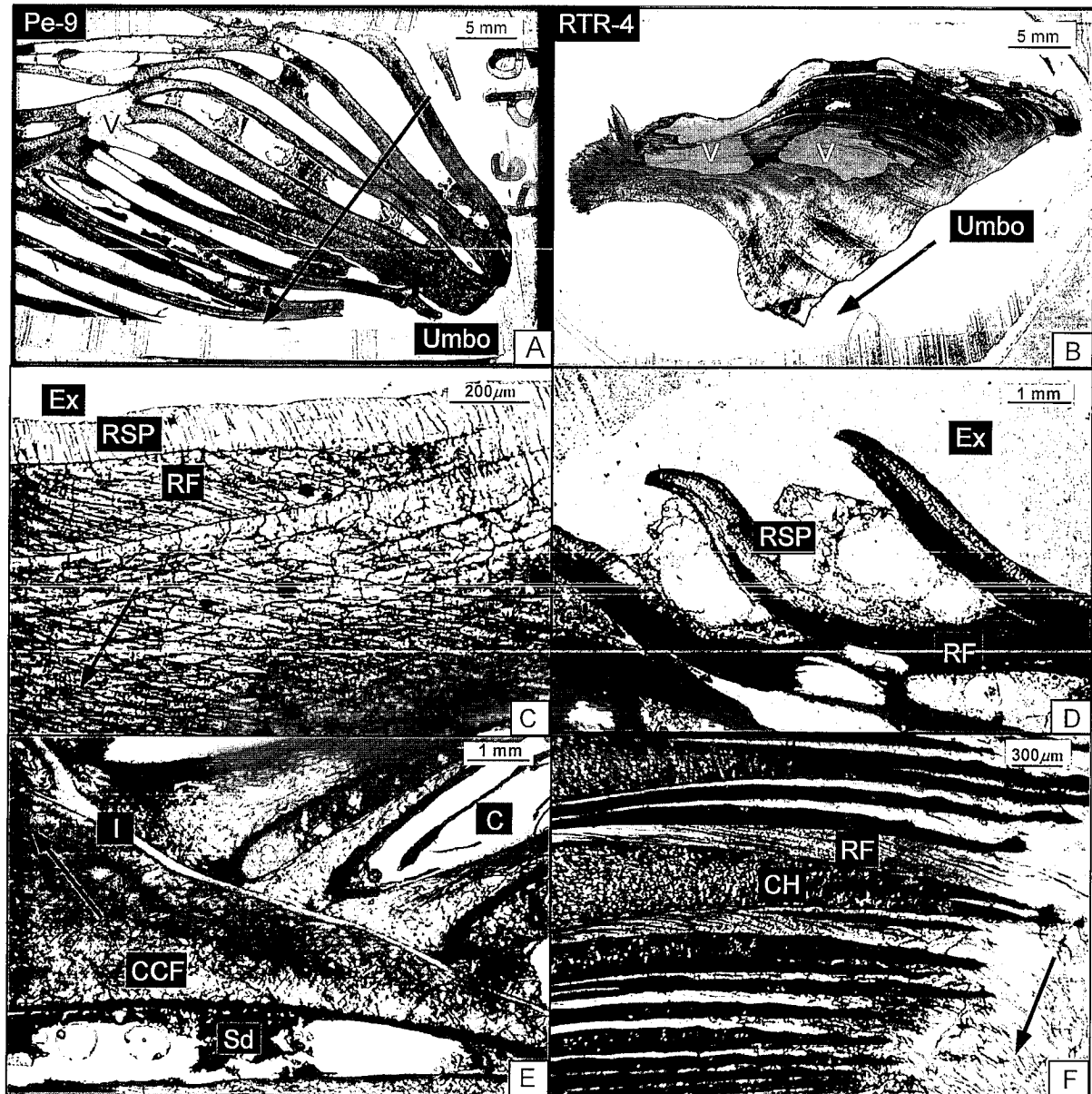


Fig. 4.- A) Sección valva derecha con engrosamiento anormal (Pe-9). B) Sección valva derecha sin engrosamiento (RTR-4). V: vacíos por defectos de lámina. C) Detalle de A, relación entre la microestructura regular simple prismática (RSP) y la microestructura regular foliada (RF). Ex: exterior concha. D) Microestructura RSP protegiendo la RF en la zona más externa. E) Detalle de A, con predominio de cámaras (C), parcialmente rellenas de sedimento (Sd). La microestructura foliada cruzada compleja (CCF) en cono, se diferencia nitidamente de la impresión muscular (I). F) Detalle de B, alternancias de RF y chalk (CH). Las flechas negras indican el sentido de crecimiento.

Fig. 4.- A) Abnormally thickened right valve section (Pe-9). B) Right valve section without abnormal thickness (RTR-4). V: thin section breaks. C) Detail of A, relation between the regular simple prismatic (RSP) and the regular foliated (RF) microstructure. Ex: exterior shell. D) The RSP protecting action to RF in the external zone. E) Detail of A, predomination of chambers (C), semifilled by sediment (Sd). The cross complex foliated in cone microstructure (CCF) is differentiated of the muscular impression (I). F) Detail of B, RF and Chalk (CH) alternations. The black arrows indicate the growth direction of the shell.

Bathurst, R.G.C. (1975): *Developments in Sedimentology*, 12, Elsevier, Amsterdam, 658p.
 Carriker, M.R. y Palmer, R.E. (1979): *Science*, 206: 691-693.
 Carter, J.G. (1990): In *Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends*. 1:347-362. Van Nostrand Reinhold, New York.
 Carter, J.G. y Clark II, G.R. (1985): In: Bottjer, D.J., Hickman, C.S., Ward, P.D., Broadhead, T.W. (Eds), *Molluscs, Notes*

for a Short Course, Univ. Tennessee. 50-71.
 Gray, J.E. (1833): *Philosoph. Trans. Royal Society of London*, 133: 771-819.
 Korrington, P. (1951): *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 27: 133-158.
 Orton, J.H. y Amirthaligam, C. (1927): *Jour. of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 14: 935-953.
 Ranson, G. (1939): *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 130: 89-

92.
 Stenzel, H.B. (1963): *Science*, 142: 232-233.
 Surge, D., Lohmann, K.C. y Dettman, D.L. (2001): *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 172: 283-296.
 Thain, J.E., Waldoock, M.J. y Waite, M.E. (1987): In: *Proceedings of the Organotin Symposium, Oceans '87 Conference, Halifax, Nova Scotia, Canada*, New York, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.4: 1398-1404.