

Microestructura e interrupciones en el crecimiento de las conchas de inocerámido (*Bivalvia*) del Maastrichtiense inferior. Cuenca Vasco-Cantábrica

*Microstructure and growth ruptures of the lower Maastrichtian inoceramid (*Bivalvia*) shells. Basque-Cantabrian Basin.*

J. J. Gómez-Alday (*) y J. Elorza

Departamento de Mineralogía y Petrología. Universidad del País Vasco. Apdo. 644. 48080 Bilbao. nppelzaj@lg.ehu.es

(*) Dirección actual: Universidad de Castilla-La Mancha. Instituto de Desarrollo Regional. Grupo de Teledetección y SIG. Campus Universitario, s/n. 02071 Albacete. juanjose.gomez@uclm.es

ABSTRACT

Lower Maastrichtian inoceramid shells from the Basque-Cantabrian Basin were deposited in a carbonate deep-sea environment. The referred shells show a well-developed first order prismatic microstructure formed by crystals of low magnesium calcite (LMC). Each prism, composed by several crystals, is formed by stacked crystalline tablets. Although shells have undergone burial diagenesis, it is possible to determine an important number of pairs of clear and dark growth lines (>250), more vigorous in the initial stages of growth. Occasionally, these lines can exhibit ruptures in their development of difficult interpretation, since they do not seem to be product of dramatic temperature-salinity or energy (i.e. storms) changes in the environment. The origin of the growth ruptures may be related to physiological factors without being directly associated to the stress produced by periodical spawning.

Key words: *Inoceramid, shell microstructure, growth pattern*

*Geogaceta, 37 (2005), 175-178
ISSN:0213683X*

Introducción y contexto geológico

En las últimas décadas, los inocerámidos han despertado a escala internacional un gran interés, como fuente de precisiones bioestratigráficas y paleoambientales. Además, son fósiles útiles para inferir conclusiones sobre el grado diagenético alcanzado por ellos mismos y por la pila sedimentaria que los incluye (Elorza y García-Garmilla, 1998; Gómez-Alday, 2002; Jiménez-Berrosco, 2004; Gómez-Alday *et al.*, 2004). En este contexto, el conocimiento de su arquitectura ayuda a comprender los mecanismos de fosildiagénesis que modificaron la composición inicial de la concha. El tipo de microestructura va a determinar el comportamiento mecánico y los procesos de intercambio iónico, entre los fluidos del sedimento y los fluidos contenidos en las zonas porosas intra e interprismáticas de la concha.

Las conchas de inocerámido estudiadas se han recolectado en las secciones de Sopelana I, Sopelana II, Zumaya, San Sebastián, Loya, Hendaya, y Bidart localizadas en el Dominio del Arco Vasco de

la Cuenca Vasco-Cantábrica. Se disponen en el Miembro I del Maastrichtiense inferior de la Formación de Zumaya-Algorri. Litológicamente, el Miembro I consiste en una alternancia de margas y margocalizas grises organizadas regularmente en pares de 20-40 cm de espesor. Los pares representan una sedimentación cíclica, condicionada por la variación orbital, conocida como "ciclos de precesión", formulada por Milankovitch. Los depósitos carbonatados corresponden a un ambiente de fondo de cuenca donde las batimetrías se encuentran en el rango de 1.000 a 2.000 m. En Sopelana II y Zumaya son abundantes los niveles turbidíticos siliciclásticos intercalados entre las facies carbonatadas. El espesor del Miembro I oscila entre los 90 m en Zumaya y los 20 m en la sección Bidart (ver Gómez-Alday *et al.*, 2004).

Metodología

Se han estudiado 112 láminas delgadas con restos de conchas mediante microscopio óptico triocular de luz transmitida (Olympus BH2 UMA) y

catodoluminiscencia (CL, Technosyn Cold Cathode Luminescence 8200 MkII). Las láminas se manufacturaron a partir de secciones transversales y paralelas a las superficies de las conchas. Siguiendo las técnicas de Dickson (1965), todas las preparaciones fueron teñidas con Alizarina Roja S y ferricianuro potásico. Además, 40 fragmentos de conchas se seleccionaron para su estudio con el microscopio electrónico (SEM, JEOL JSM-T 220A).

Microestructura de las conchas

En los afloramientos mencionados las conchas completas pueden superar los 60 cm de longitud de eje mayor y su espesor oscila entre los 0,4 y 10 mm. Con el microscopio petrográfico, a pesar de la diagénesis sufrida, se observa una microestructura prismática bien conservada. Esta microestructura consiste en prismas de primer orden, paralelos entre sí, formados por cristales de calcita baja en magnesio (LMC; $MgCO_3 < 4\%$). Las unidades cristalinas no llegan a interdigitarse y dejan un pequeño espacio de separación entre ellas. Los prismas de

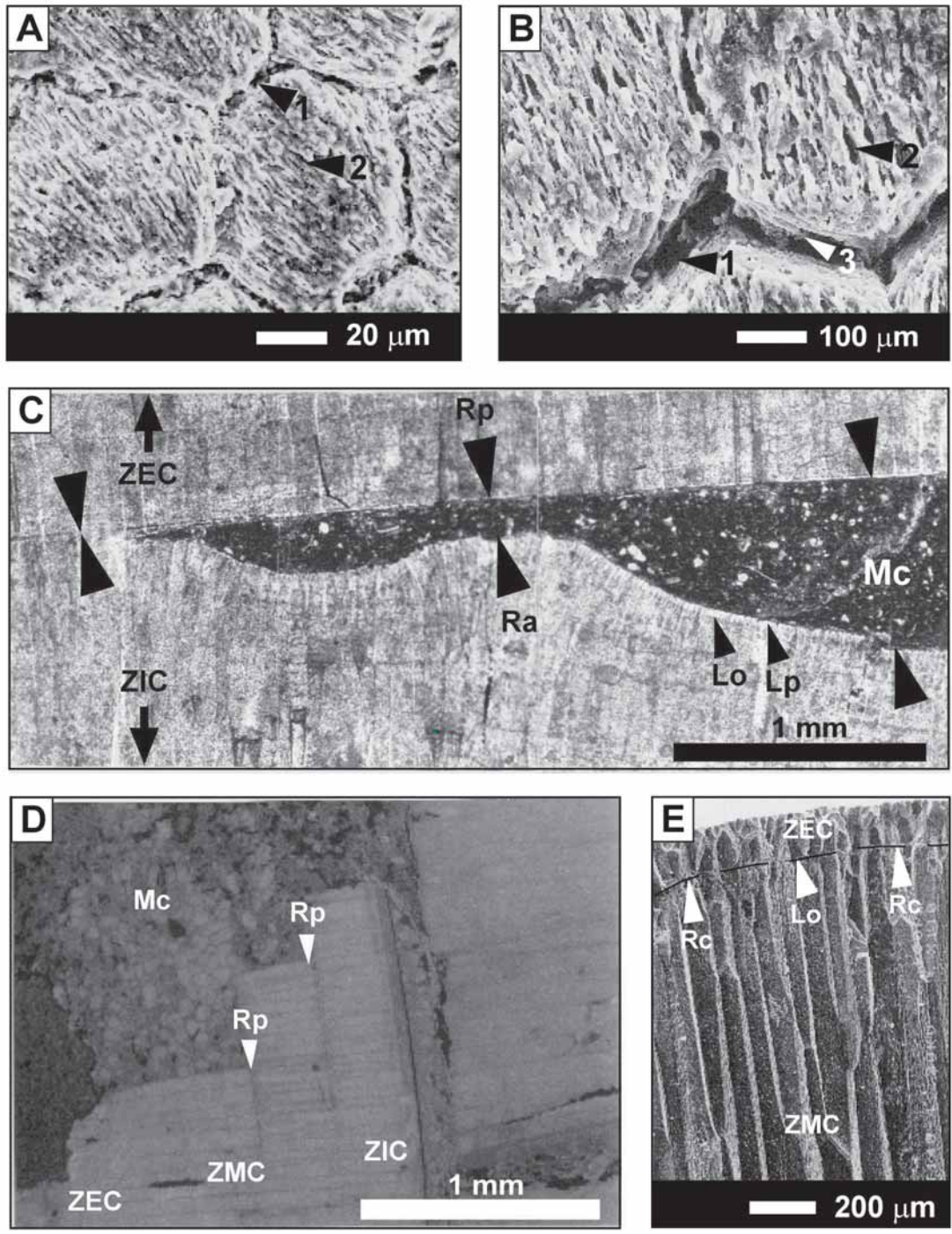


Fig. 1.- A) Representa la zona interna de una concha (ZIC), poco diagenetizada de la sección Bidart (BID-13-3). Se reconoce la porosidad interprismática (1) e intraprismática (2) y la disposición apilada de las “tabletas” dentro de las unidades estructurales prismáticas (3); B) detalle de la misma; C) Ejemplo en Sopedana II (S2-46). Interrupción en el crecimiento marcado por una superficie plana (Rp) relevada después por una superficie alabeada (Ra); D) Ejemplo en Sopedana I (MA-33-1) en CL. En esta muestra no se produce la Ra, pero si es posible distinguir la diferencia en el tamaño de los prismas a un lado y otro de la ruptura (Rp); E) En microscopio electrónico (SEM), las rupturas en el crecimiento (Rc) son perfectamente identificables. En el margen izquierdo de la microfotografía podemos observar la disminución de tamaño en los prismas que ocurre con posterioridad a la reanudación del crecimiento regular de la concha. Hacia el margen derecho esta diferencia tiende a desaparecer y queda como testigo una gruesa línea de crecimiento oscura (Lo). Mc: Matriz carbonatada; Pr: Prismas de inocerámico; Lo: *Laminae obscurae*; Lp; *Laminae pellucidae*.

Fig. 1.- A) It represents the inner shell layer (ZIC) of the poorly diagenetized sample BID-13-3 from Bidart. Within the prismatic structural units are observable the interprismatic (1) and intraprismatic porosity (2) and the stacked disposition of the “tablets” (3); B) Detail of the same one; C) Sopedana II (S2-46) example. A flat surface draws the growth rupture (Rp) revealed later by a warped surface (Ra); D) In the Sopedana I (MA-33-1) sample under CL, does not take place the Ra, but it is possible to distinguish the prism size difference to a side another of the rupture (Rp); E) Growth ruptures (Rc) are perfectly identifiable under scanning electron microscope (SEM). In the left margin of the photomicrograph it is observable the decrease in prism size that appears after the growth shell renewal. Towards the right margin, this difference tends to disappear and a coarse dark line (Lo) stays as witness. Mc: Carbonate matrix; Pr: Inoceramid prisms; Lo: *Laminae obscurae*; Lp; *Laminae pellucidae*.

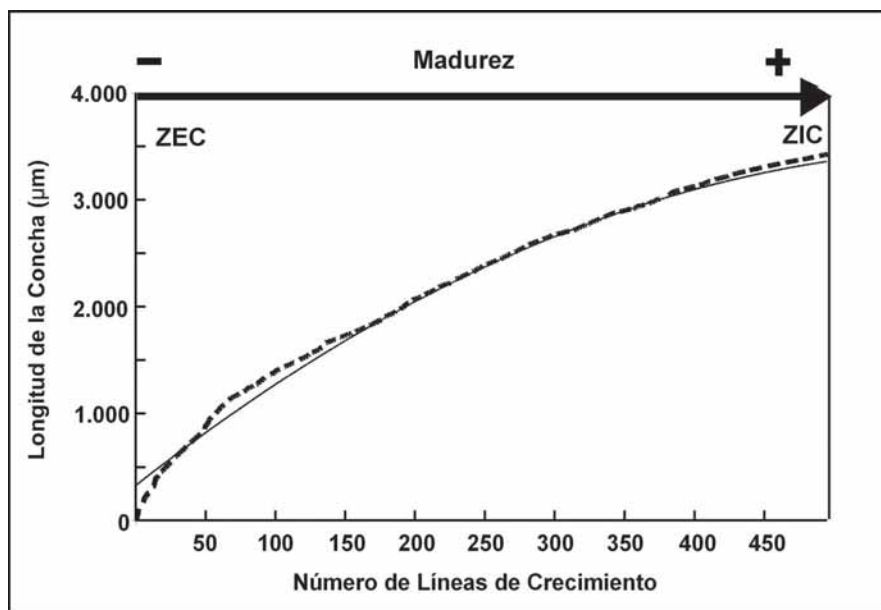


Fig. 2.- Longitud de la concha frente al número de líneas de crecimiento en la muestra MA-33 (Sopelana I). Los cambios en la pendiente de la curva reflejan un crecimiento juvenil relativamente rápido (ZEC), seguido de una ralentización del mismo hacia las zonas internas (ZIC) de la concha (línea discontinua). El número de observaciones es >500.

Fig. 2.- Shell length versus growth line number in the sample MA-33. The changes in the slope of the curve reflect a rapid juvenile growth in the ZEC, followed by a slower growth towards the inner zone of the shell (ZIC) (dashed line). The number of observations is >500.

calcita forman columnas cuyos ejes de elongación se disponen perpendiculares a la superficie externa e interna de la concha (Fig. 1 C-F), lo cual se refleja en una microestructura poligonal de tipo “panal de abeja” en ambas superficies (Fig. 1 A-B). En los ejemplares mejor conservados es posible discernir “tabletas”, de orden menor, paralelas entre sí que carecen de continuidad entre prismas adyacentes (Fig. 1 A-B).

Los límites entre prismas están claramente definidos y bien marcados: cada prisma comprende una unidad estructural de aproximadamente 20-100 micras de anchura por 0,3-3 mm de longitud. Esta variación equivale a un claro aumento de sus dimensiones, desde la zona externa (ZEC), más antigua, a la zona interna de la concha (ZIC), más joven (Fig. 1C-E). El entramado prismático responde a procesos de selección geométrica, de forma que cada prisma está formado por el apilamiento de pequeñas unidades cristalinas en forma de “tableta” (Fig. 1A-C). Este tipo de microestructura intraprismática es común en bivalvos modernos (Crenshaw, 1990; Ubukata, 1994). Los espacios interprismáticos (4 a 33 micras) ocupados previamente por matriz proteica, están actualmente cementados por calcita secundaria. El tamaño de poro intraprismático reconocido es notablemente inferior, alcanzando unas pocas

micras (Fig. 1A-B). La presencia de estos pequeños poros, que pasan a canales desde una perspectiva tridimensional, fue descrita por Pirrie y Marshall (1990) y Elorza y García-Garmilla (1998), y se han interpretado como un entramado de filamentos orgánicos que atraviesan la concha. Esta microestructura permite al organismo una perfecta comunicación con la totalidad de la superficie externa, que está en contacto con el medio acuoso circundante, incluso, cuando las valvas permanecen cerradas. Resulta sintomático y no está justificado, cómo en los especímenes estudiados no hemos observado la capa interna aragonítica, encontrada y descrita en conchas de inocerámido pertenecientes a otras latitudes (ver Elorza *et al.*, 2001).

Arquitectura de las líneas de crecimiento

Discurriendo de forma paralela a la superficie interna y externa de la concha es visible la alternancia de líneas oscuras (*laminae obscurae*), con mayor contenido orgánico, y de líneas claras (*laminae pellucidae*) separadas entre sí por unas 20 micras (Fig. 1C-E). El modelo de crecimiento observado no difiere respecto a de otros moluscos; la ontogenia se caracteriza por un rápido crecimiento inicial, indicado por mayores espesores en cada

incremento de crecimiento, y una disminución en la madurez, lo que permite suavizar la pendiente de la curva dibujada (Fig. 2). Por otro lado, las líneas de crecimiento (clara-oscura), agrupadas en pares, deben corresponder con diferencias estacionales que han quedado registradas durante la acreción de la concha. Es admitido que la Cuenca Vasco-Cantábrica, en el Cretácico superior, estuvo situada a una paleolatitud de ~30° N. Esta localización se corresponde con una zona subtropical con dos estaciones bien marcadas, lo que pudiera significar que cada par observado representa un año de vida del bivalvo. En la muestra MA-33, perteneciente a la sección Sopelana I, se han contabilizado más de 250 pares; es decir, este organismo pudo alcanzar una longevidad superior a 250 años. El valor inferido tampoco es anómalo para bivalvos que muestran un crecimiento lento de su concha. Por ejemplo, en el bivalvo actual *Tindaria calistiformis*, encontrado en ambientes profundos marinos, Turekian *et al.* (1975) determinan, mediante cronología de ²²⁸Ra, que en ~100 años de vida, alcanza una longitud máxima de 8,4 mm.

Interrupciones en el crecimiento

En general, no se observan rupturas internas en la normal disposición de las líneas de crecimiento. Sin embargo, algunos ejemplares exhiben microestructuras que indican interrupciones o crecimientos anormales de la concha. Es destacable la interrupción del crecimiento prismático normal por una superficie de ruptura plana (Rp), que no muestra signos de disolución. La reanudación del crecimiento se produce a partir de una superficie plana o mediante una suave superficie alabeada (Ra), separada de la Rp por una zona de matriz micrítica. Ambas superficies son primarias, ya que no presentan evidencias de procesos de disolución y, además, las líneas de crecimiento discurren de forma paralela a las mismas. Los incrementos de crecimiento en los pares son mucho más apretados y se acompañan por una marcada diferencia en el tamaño de los prismas, hasta alcanzar gradualmente las dimensiones previas a la ruptura. Cuando se alejan de la zona afectada ambas superficies (Rp y Ra) convergen en una sola, sin mostrar diferencias en el tamaño de los prismas (Fig. 1C-E). Todas las rupturas están asociadas con una línea de crecimiento oscura de mayor grosor (Fig. 1C-E), que se interpreta como el resultado del cierre prolongado de las valvas. El cierre de la concha obliga a llevar a cabo una

respiración anaerobia capaz de generar un medio más ácido, que permite una mayor concentración orgánica a expensas del carbonato inorgánico disuelto. Con el microscopio electrónico de barrido (SEM), se aprecian los mismos características, la marcada ruptura (Rc) separa dos zonas diferenciadas en el tamaño de los prismas (Fig. 1F). En el espécimen MA-33-1 aparecen varias rupturas (Rp) que se disponen regularmente a lo largo del crecimiento de la concha (Fig. 1 D-E), lo cual apunta hacia una génesis común y periódica.

Kennish (1980) trató el origen de las discontinuidades presentes en la microestructura del bivalvo actual *Mercenaria mercenaria* y asoció éstas a los cambios más habituales en las condiciones ambientales como: a) contrastes bruscos en la temperatura y salinidad de las aguas, b) abrasión producida por el desgaste de la concha durante fuertes tormentas y, c) factores de estrés fisiológico durante el periódico desove. Describe la microestructura relacionada con el desove, como una abrupta interrupción en el crecimiento, marcada con una pronunciada muesca en forma de U o V, y precedida por una pequeña reducción del espesor de las líneas de crecimiento. La recuperación es rápida y el espesor de las líneas se recobra gradualmente. En esta etapa, el bivalvo puede dejar de alimentarse y su crecimiento se ralentiza; entonces las valvas permanecen cerradas y la respiración anaerobia predomina, con el resultado de creación de una nueva línea oscura.

Las rupturas descritas en los inocerámidos se pueden explicar mejor si aludimos a un estrés fisiológico y descartamos un origen debido a cambios marcados en la temperatura-salinidad del fondo marino o por el efecto abrasivo de corrientes. La afirmación se justifica por la fuerte diferencia en el tamaño de los prismas, junto con la ausencia de incrementos significativos en el crecimiento a ambos lados de la Rp, además de la ausencia de superficies de abrasión y de fragmentos retrabajados (p.e. pequeños granos de cuarzo) incorporados en la concha durante el crecimiento. Esta idea es coincidente con la mayor estabilidad en

los parámetros de temperatura y salinidad de los fondos profundos donde proliferaron los inocerámidos objeto de estudio. Tampoco debemos apuntar exclusivamente al efecto de desove, pues deberían quedar marcadas estas interrupciones de forma rutinaria y anual, al menos en las conchas de sexualidad femenina, situación no reconocida en nuestras muestras. Elorza *et al.* (2001) describen rupturas en el crecimiento aparentemente similares en inocerámidos como *Antarcticceramus rabotensis*, formados en ambientes someros y tractivos del Campaniense inferior de James Ross Island (Antártida). Algunas de las rupturas se caracterizan por un cese neto en el crecimiento de los prismas bien desarrollados, pero la diferencia fundamental está en que las líneas de crecimiento posteriores se cortan cuando alcanzan la superficie de ruptura. Este cese brusco en el crecimiento se explica por cambios ambientales de las aguas someras. Tras la discontinuidad, es patente una reducción notable en los incrementos de las líneas de crecimiento como consecuencia de la lenta recuperación fisiológica.

Conclusiones

Las conchas de los inocerámidos recogidos en materiales profundos del Maastrichtiense inferior de la Cuenca Vasco Cantábrica presentan, en sección transversal, una microestructura prismática regular de primer orden de calcita baja en magnesio, sin la capa interna aragonítica. Los prismas individuales no forman una unidad compacta y están recorridos por un entramado de microporos (<3 micras), ocupados originariamente por filamentos orgánicos, que comunicaron el organismo vivo con la superficie externa de la concha. Las superficies internas y externas de las conchas reflejan microestructuras en "panal de abeja" y, paralelamente a ellas, son visibles "pares" de líneas de crecimiento claras y oscuras, que pudieran indicar ciclos de deposición de calcita anuales. La determinación del número de estos pares permite precisar en algunos ejemplares edades superiores a 250 años. Las rupturas ocasionales en el crecimiento son de difícil

interpretación, y apuntan a ser un producto de estrés fisiológico sin determinar.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de la Tesis Doctoral de Gómez-Alday y se ha financiado por los proyectos de investigación UPV/EHU 130.310-EB0177/96 y UPV/EHU 130.310-EB034/99.

Referencias

- Crenshaw, M.A. (1990). En: *Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends* (J. G. Carter, Ed.). Van Nostrand, 1-9.
- Dickson, J.A.D. (1965). *Nature*, 205, 587.
- Elorza, J. y García-Garmilla, F. (1998). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 141, 303-328.
- Elorza, J., Gómez-Alday, J.J. y Olivero, E.B. (2001). *Facies*, 44, 227-242.
- Gómez-Alday, J.J. (2002). *Inocerámidos (Bivalvia): Diagénesis e implicaciones paleoambientales. Maastrichtiense inferior. Golfo de Vizcaya. País Vasco*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco, 232 p.
- Gómez-Alday, J.J., López, G. y Elorza, J. (2004). *Cretaceous Research*, 25, 649-668.
- Jiménez-Berrocoso, A. (2004). *Petrología y Geoquímica de Inocerámidos (Bivalvia) y roca encajante en facies de plataforma y cuenca profunda (Coniaciense final-Santonense superior, Cuenca Vasco-Cantábrica): Contrastes diagenéticos e implicaciones paleoambientales*. Tesis Doctoral. Univ. del País Vasco, 439 p.
- Kennish, M.J. (1980). En: *Skeletal Growth of Aquatic Organisms*. (D.C. Rhoads y R. A. Lutz, Eds.). Plenum Press, 255-294.
- Pirrie, D. y Marshall, J.D. (1990). *Palaaios*, 5, 336-345.
- Turekian, K.K., Cochran, J.K., Kharkar, D.P., Cerrato, R.M., Vaisnys, J.R., Sanders, H.L., Grassle, J.F. y Allen, J.A. (1975). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 72, 2829-2832.
- Ubukata, T. (1994). *Palaeontology*, 37, 241-261.