

Estratigrafía Sísmica de Alta Resolución en las Rías Baixas: Pontevedra y Vigo (NO España)

High-Resolution Seismic Stratigraphy of the Rías Baixas: Pontevedra and Vigo (NW Spain)

S. GARCÍA-GIL, A. GARCÍA-GARCÍA, R. DURÁN Y F. VILAS

Departamento de Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio, Facultad de Ciencias,
Universidad de Vigo, 36200, Vigo (Pontevedra).

RESUMEN

El estudio detallado de los perfiles de sísmica reflexión de alta resolución, de las rías de Pontevedra y Vigo ha permitido diferenciar 7 unidades sísmicas. Las unidades sísmicas B_g y B_m se interpretan como correspondientes a rocas del basamento, graníticas y metamórficas respectivamente. Las 5 unidades sísmicas restantes corresponden al relleno sedimentario de las rías. La identificación de los límites de secuencia L_2 y L_3 permiten reconocer tres secuencias sedimentarias (S_1 , S_2 y S_3), de más antigua a más reciente, que van marcando una progresiva ampliación de la zona de sedimentación en las rías. En la secuencia más reciente (S_3) destaca la presencia de apantallamientos acústicos y/o formas de escape, interpretadas como debidas a la presencia de gas biogénico en los sedimentos.

Palabras clave: sísmica de alta resolución, límites de secuencia, unidades sísmicas, facies sísmicas, estratigrafía sísmica, Rías Gallegas

ABSTRACT

Detailed study of high-resolution seismic reflection profiles of the Ría de Pontevedra and Vigo (NW Spain) has allowed to distinguish 7 seismic units. Seismic units B_g and B_m are interpreted as granitic and metamorphic basement rocks respectively. The other 5 seismic units correspond to the sedimentary in-fill of the rías. The identification of the sequences boundaries L_2 and L_3 allow to recognize three sedimentary sequences (S_1 , S_2 and S_3), from oldest to youngest,

that give a progressive enlargement of the rías sedimentary basin. In the most recent sequence (S_3) appear acoustic blanking and/or escape features, interpreted as due to the presence of biogenic gas in the sediments of the rías.

Key words: high-resolution seismics, sequence boundaries, seismic units, seismic facies, seismic stratigraphy, Rías Gallegas

INTRODUCCIÓN

La Rías de Pontevedra y Vigo ocupan las posiciones más meridionales dentro de las Rías Baixas (Galicia), con una orientación de sus ejes mayores según direcciones SO-NE (Fig. 1). Ambas tienen forma de embudo en planta con una anchura variable, la cual se estrecha progresivamente hacia su vértice, y su límite hacia el Oeste son una serie de islas, Ons y Onza en el caso de la Ría de Pontevedra, y las islas Cíes en el caso de la Ría de Vigo. La superficie que ocupa la Ría de Pontevedra es de 145 km², mientras que la de Vigo es de 164 km².

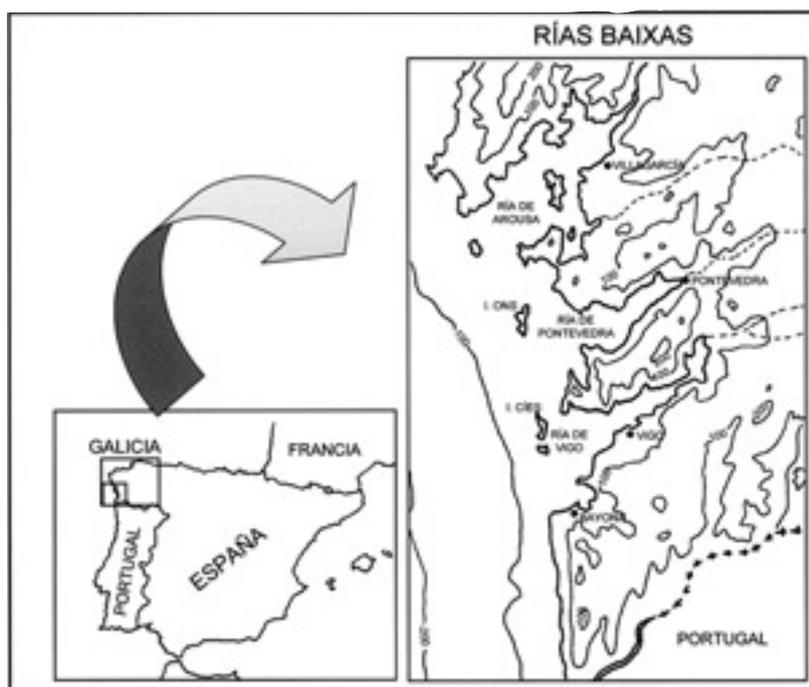


FIG. 1.—Localización geográfica de las Rías de Pontevedra y Vigo con línea de batimetría (100 m) y curvas de nivel en metros.

FIG. 1.—Geographical location of Ría de Pontevedra and Vigo showing bathymetric countours (100 m) and land topography in metres.

A pesar de la existencia de numerosos trabajos sobre las rías, sólo algunos de ellos hacen referencia al relleno sedimentario (Margalef, 1956, Acosta, 1984, Rey, 1993, Hernández-Molina *et al.*, 1994, García-Gil *et al.*, 1999a). En el presente estudio se realiza el análisis estratigráfico de alta resolución del relleno de las Rías Baixas (Galicia) mediante el empleo de perfiles sísmicos de alta resolución.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, la costa de Galicia se sitúa dentro del cinturón orogénico hercínico. En la región de las Rías de Pontevedra y Vigo (Fig. 2), están presentes formaciones sedimentarias poco potentes del Cuaternario (sedimentos de terrazas, llanuras mareales, marismas, playas y dunas) que se apoyan indistintamente sobre un sustrato diverso (granitos, gneises o esquistos). Las rocas metasedimentarias de los Complejos de Vigo-Pontevedra y

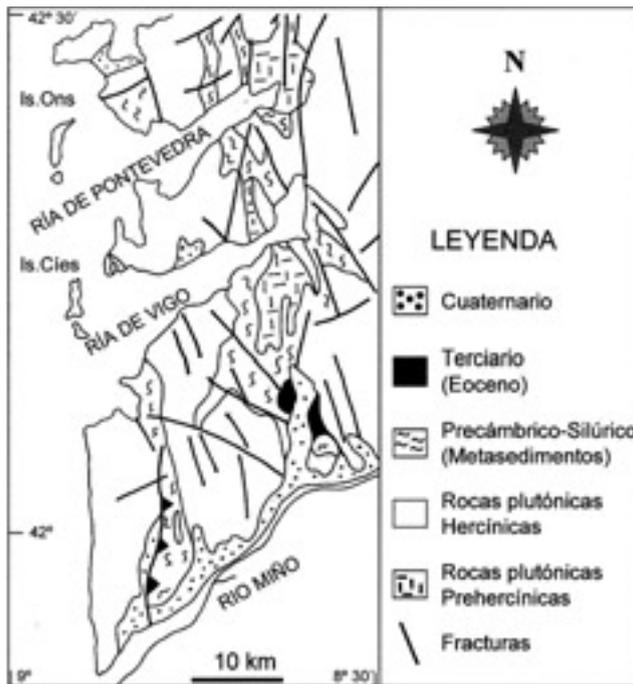


FIG. 2.—Esquema geológico de las Rías de Pontevedra y Vigo. Modificado de Abril Gómez *et al.* (1981), Abril Hurtado *et al.* (1981) y Rubio *et al.* (1981).

FIG. 2.—Geological scheme of Rías de Pontevedra and Vigo. Modified from Abril Gómez *et al.* (1981), Abril Hurtado *et al.* (1981), and Rubio *et al.* (1981).

Cabo d'Home-La Lanzada, están afectadas por fenómenos superpuestos de polimetamorfismo (regional y térmico). Se les atribuye una edad Precámbrico-Silúrico (Rubio *et al.*, 1981).

Desde el punto de vista tectónico se discute la existencia de fases de deformación prehercínica (Floor, 1966, Arps, 1970, Tex, 1978, en: Rubio *et al.*, 1981) que afectarían al Complejo Vigo-Pontevedra, provocando un metamorfismo prehercínico y la intrusión de granitoides en dicho Complejo durante el Ordovícico Superior (Priem *et al.*, 1970, en: Rubio *et al.*, 1981). El ciclo Hercínico se inicia con un periodo compresivo acompañado por un aumento del gradiente térmico que motiva metamorfismo regional, anatexia local y emplazamiento de granitos (Abril Gómez *et al.*, 1981, Rubio *et al.*, 1981). La tectónica posthercínica se caracteriza por la generación de importantes sistemas de fracturación según las direcciones SO-NE, N-S y ONO-ESE. Algunas de estas fracturas fueron reactivadas durante el Mioceno-Plioceno produciendo basculamientos de bloques (Pannekoek, 1966; De Aguirre y Butzer, 1967; Pazos *et al.* 1994). Estos movimientos pueden haberse extendido hasta el Cuaternario (Pazos *et al.* 1994; García-Gil, *et al.*, 1999a).

METODOLOGÍA

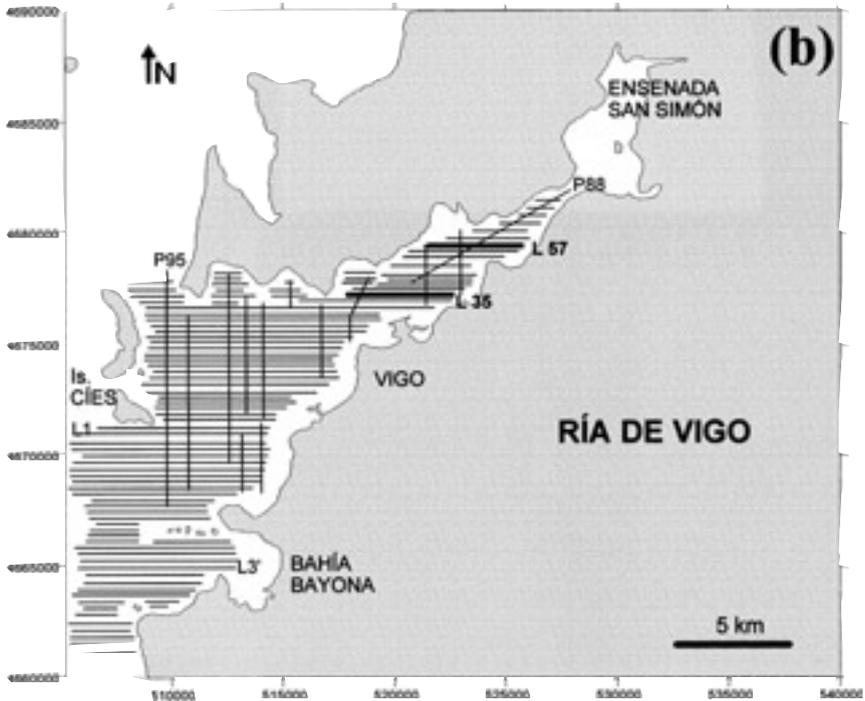
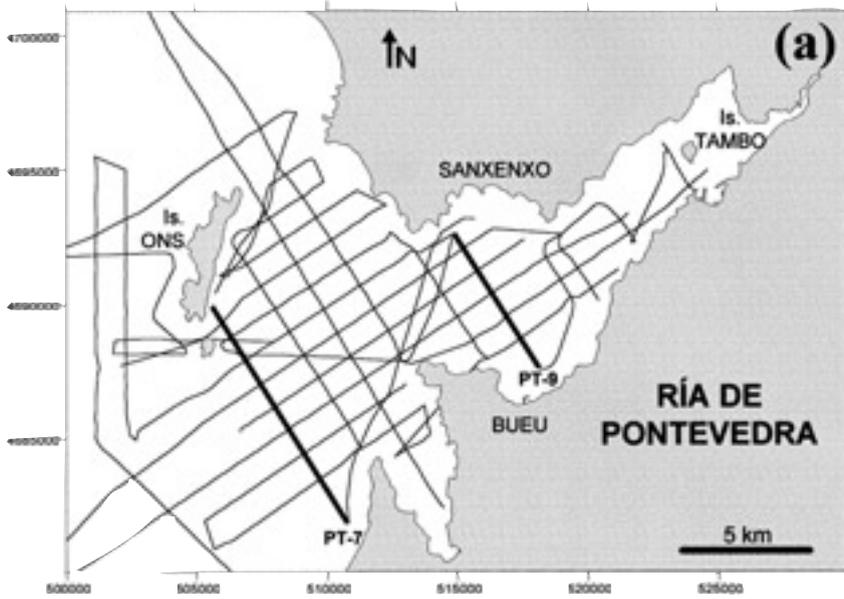
Se han utilizado para la Ría de Pontevedra 340 km de perfiles de sísmica de reflexión, perfilador de fondos, ecosonda y sonar de barrido lateral, con un espaciado de 1 km X 1 km (Fig. 3a), y para la Ría de Vigo, un total de 640 km, siguiendo una malla de 66 m X 550 m. (Fig. 3b). Los datos de sísmica de reflexión fueron obtenidos con un con un EG&G Geopulse (300 J) con una cadencia de 1 disparo por segundo en la Ría de Pontevedra, y con un EG&G Uni-boom Modelo 230 (300 J), con una cadencia de 4 disparos por segundo en la Ría de Vigo. El perfilador de fondos empleado fue el modelo 1036 O.R.E. (3,5 kHz). Los perfiles de ecosonda se realizaron con el modelo Atlas Deso 20 (33-210 kHz). Los registros de sonar de barrido lateral se obtuvieron con el modelo Klein 595 (100 kHz, 3 canales), con una cobertura lateral de 150 m. Para la navegación y posicionamiento se utilizó un *GPS* diferencial, Trimble 4000 RL combinado con una unidad de Trisponder.

ANÁLISIS DE LAS UNIDADES SÍSMICAS EN LAS RÍAS

El análisis de estratigrafía sísmica de los perfiles de alta resolución se ha realizado en tres etapas consecutivas (Alonso *et al.*, 1989, Posamentier *et al.*,

FIG. 3.—Mapas de localización de perfiles sísmicos (a) en la Ría de Pontevedra y (b) en la Ría de Vigo. Los trazos gruesos representan los perfiles sísmicos utilizados en el presente trabajo.

FIG. 3.—Maps of seismic reflection profile locations, (a) in the Ría de Pontevedra and (b) in the Ría de Vigo. Thick lines represent the seismic profiles that have been used in this work.



1988, Vail y Mitchum, 1977, Vail *et al.*, 1977, Vail *et al.*, 1991): (1) Identificación de las superficies de límite de secuencia, (2) Caracterización de las unidades sísmicas que componen cada secuencia, (3) Análisis de las facies sísmicas (configuraciones, continuidad, amplitud, etc., de los reflectores) dentro de cada unidad.

LÍMITES DE SECUENCIA

El estudio detallado de los perfiles sísmicos de las rías de Pontevedra y Vigo revela la presencia de dos superficies de discontinuidad estratigráfica que representan límites de secuencia (Fig. 4a). La superficie más antigua (L_2) es un límite de secuencia de carácter discordante y erosivo (Fig. 4b), que corresponde al techo de un paleorreliève que afecta tanto a las rocas del basamento (graníticas y/o metamórficas) como a los materiales del techo de una secuencia sedimentaria más antigua (S_1). El límite de secuencia L_2 aparece a mayor profundidad en los perfiles de ambas rías cuando se desarrolla sobre la secuencia sedimentaria S_1 , mientras que es más superficial en las zonas donde erosiona a las rocas del basamento (Fig. 5). Cuando la erosión afecta a la secuencia S_1 es frecuente observar la aparición de morfologías debidas a la incisión de paleocanales y/o paleovalles. El segundo límite de secuencia (L_3) también tiene carácter erosivo pero el paleorreliève es, en general, mucho más suave (Fig. 4b); si bien localmente aparecen morfologías debidas a la incisión de canales. Esta superficie se desarrolla sobre el techo de la secuencia S_2 y representa la base de la secuencia sedimentaria más reciente S_3 .

La identificación de los dos límites de secuencia (L_2 y L_3) permite, por tanto, distinguir tres secuencias sedimentarias (S_1 , S_2 y S_3), correspondientes al registro estratigráfico más reciente de las rías de Pontevedra y Vigo.

LA SECUENCIA S_1

La secuencia sedimentaria S_1 es la más antigua de las identificadas (Fig. 4b) dentro de las rías mediante los sistemas sísmicos de alta resolución utilizados. Aparece localizada en los registros en las zonas topográficamente más bajas; y entre bloques de basamento presentando un claro control tectónico. La base de esta secuencia no suele ser visible debido a los límites de la penetración de los sistemas sísmicos empleados, pero cuando así ocurre, se trata de un acusado paleorreliève sobre las rocas del basamento (p en Figs. 6 y 7) y su techo corresponde con el límite de secuencia L_2 . La secuencia está caracterizada por reflectores continuos de amplitud media, que lateralmente muestran terminaciones en *onlap* sobre las rocas del basamento, y localmente presentan un suave plegamiento (Figs. 4a y 4b). En algunos perfiles es posible distinguir al menos tres unidades sedimentarias dentro de esta secuencia, separadas por superficies de

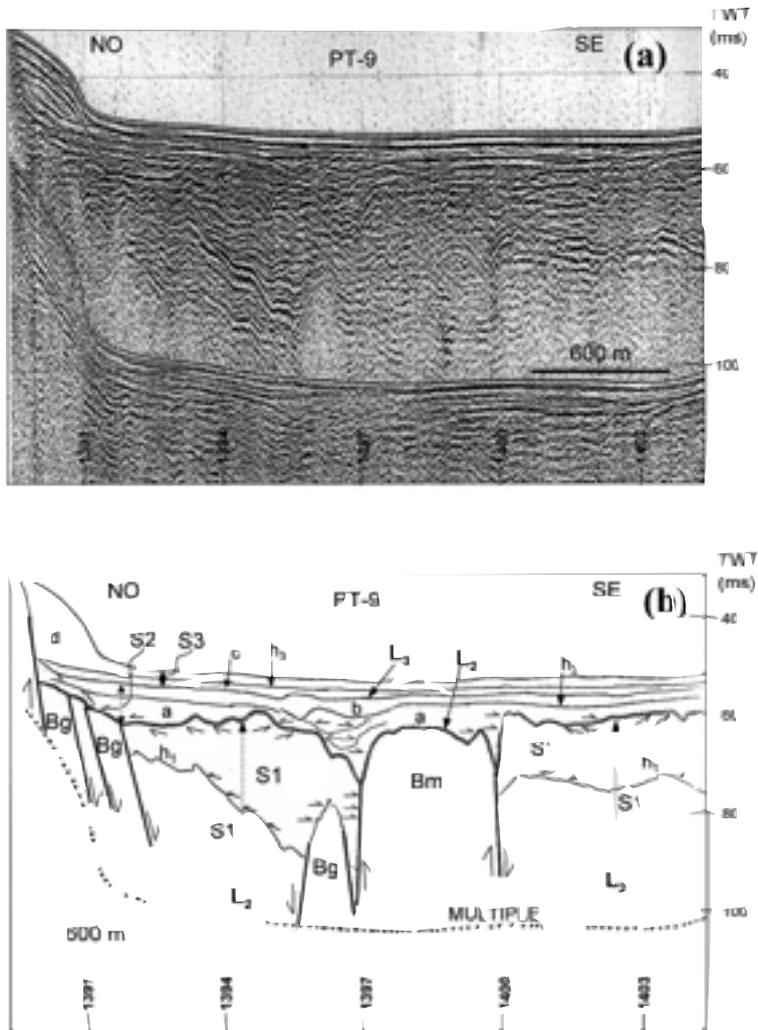


FIG. 4.—Perfil sísmico de reflexión de la Ría de Pontevedra (PT-9). Ver figura 3a para la localización de la línea. Los números de la parte inferior de todas las figuras corresponden a los puntos de disparo. (a) perfil sin interpretar, (b) interpretación del perfil PT-9. Se observan: (1) la posición de los límites de secuencias (L2 and L3), y los hiatos (h1, h2 y h3) (2) las secuencias que delimitan (S1, S2 y S3), (3) las unidades sísmicas que la componen (a, b, c y d), (4) las terminaciones de los reflectores de cada unidad y (5) las unidades del basamento correspondientes a rocas graníticas (Bg) y metamórficas (Bm).

FIG. 4.—Seismic reflection profile (PT-9) of Ría de Pontevedra. See figure 3a for location. Numbers at the lower part of all figures correspond to the shot points. (a) non-interpreted seismic profile, (b) seismic interpretation of the PT-9 profile. It can be distinguished: (1) sequence boundaries (L2 and L3) and hiatus (h1, h2 and h3), (2) the sedimentary sequences established (S1, S2 and S3), (3) compounding seismic units (a, b, c and d), (4) lateral terminations of reflectors within each seismic unit and (5) granitic basement seismic unit (Bg) and metamorphic basement seismic unit (Bm).

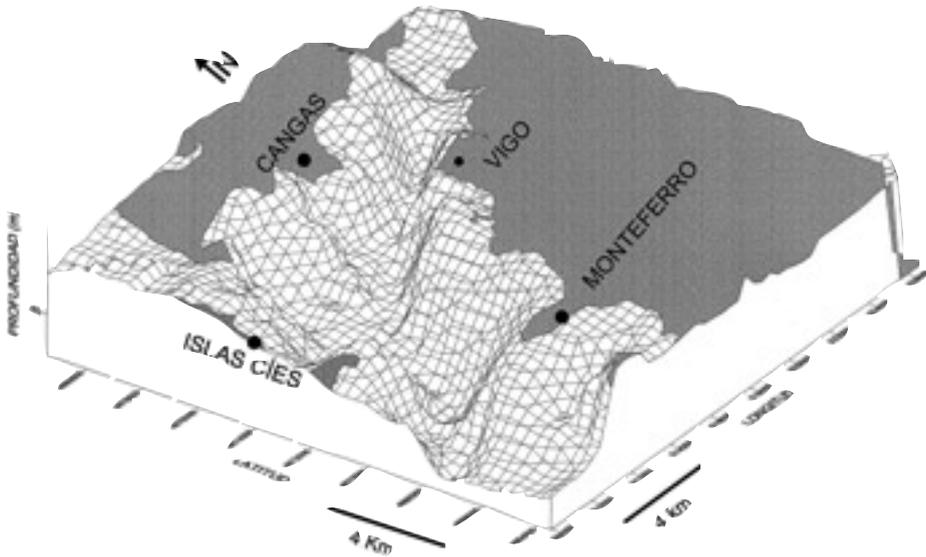


FIG. 5.—Reconstrucción tridimensional de la superficie de discontinuidad (L2) en la Ría de Vigo. Se observa la geometría de un paleovalle que conecta con el mar por la zona Sur de las Islas Cies.

FIG. 5.—3-D reconstruction of the unconformity surface (L2) in the Ría de Vigo. A typical palaeovalley connecting to the sea throughout the South of the Cies Islands.

hiato (h_1) sobre las que aparecen terminaciones en *onlap* (García-Gil et al., 1999a).

LA SECUENCIA S_2

La secuencia S_2 (Figs. 4a y 4b) es más expansiva que la secuencia S_1 , mostrando también terminaciones en *onlap* (Figs. 7a y 7b) sobre el límite de secuencia de su base (L_2) y también hacia los bordes de la cuenca. Está compuesta por dos unidades sísmicas (a) y (b). La unidad (a) es la más antigua dentro de la secuencia S_2 y sus facies sísmicas se caracterizan por reflectores bastante continuos, y de relativamente alta amplitud. Es frecuente la presencia de facies debidas a la erosión/relleno multiepisódico de canales (Figs. 4a y 4b). La unidad (b) está separada de la unidad (a) por una superficie de hiato ligeramente erosiva (h_2), sobre la que aparecen nuevamente incisiones erosivas debidas a canales y localmente reflectores con configuraciones progradantes. Hacia los bordes de la cuenca los reflectores de esta unidad siguen mostrando terminaciones de *onlap*, mientras que sobre la superficie de su base, las terminaciones son de *downlap* (Figs. 7a y 7b). El techo de la unidad (b) está marcado por el límite de secuencia L_3 , que como ya ha sido mencionado, se trata de una superficie suavemente erosiva de discontinuidad sedimentaria.

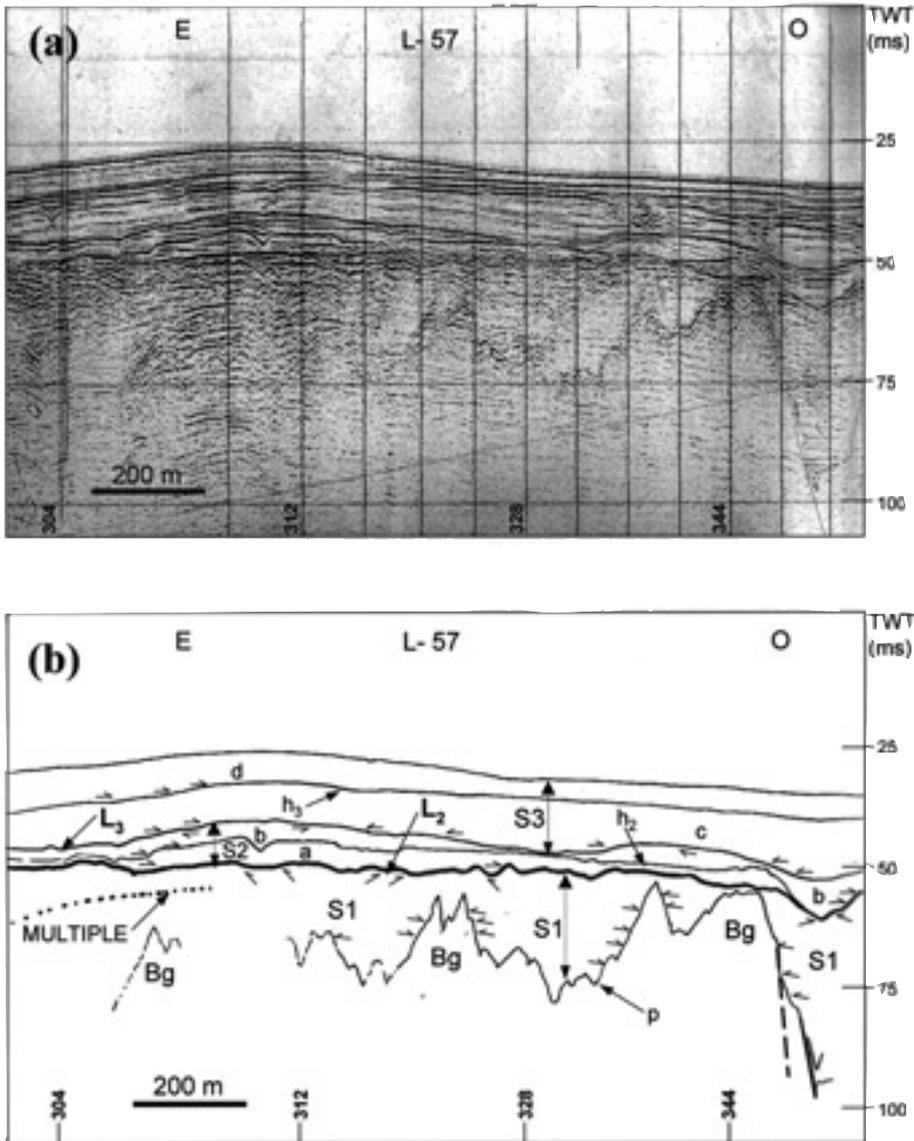


FIG. 6.—Perfil sísmico de reflexión de la Ría de Vigo (L-57). Ver figura 3b para la localización de la línea. (a) perfil sin interpretar, (b) interpretación del perfil donde se observan las superficies de discontinuidad (p , L_2 y L_3) en la base de las secuencias S_1 , S_2 y S_3 respectivamente. Se muestran también las unidades sísmicas, los hiatos y las terminaciones de los reflectores.

FIG. 6.—Seismic reflection profiles (L-57) in the Ría de Vigo. See figure 3b for location. (a) non-interpreted seismic profile, (b) seismic interpretation of the seismic profile where the unconformity surfaces (p , L_2 and L_3) at the bottom of the sequences (S_1 , S_2 and S_3 respectively) can be identified. Seismic units, hiatus and lateral terminations of the reflectors are shown.

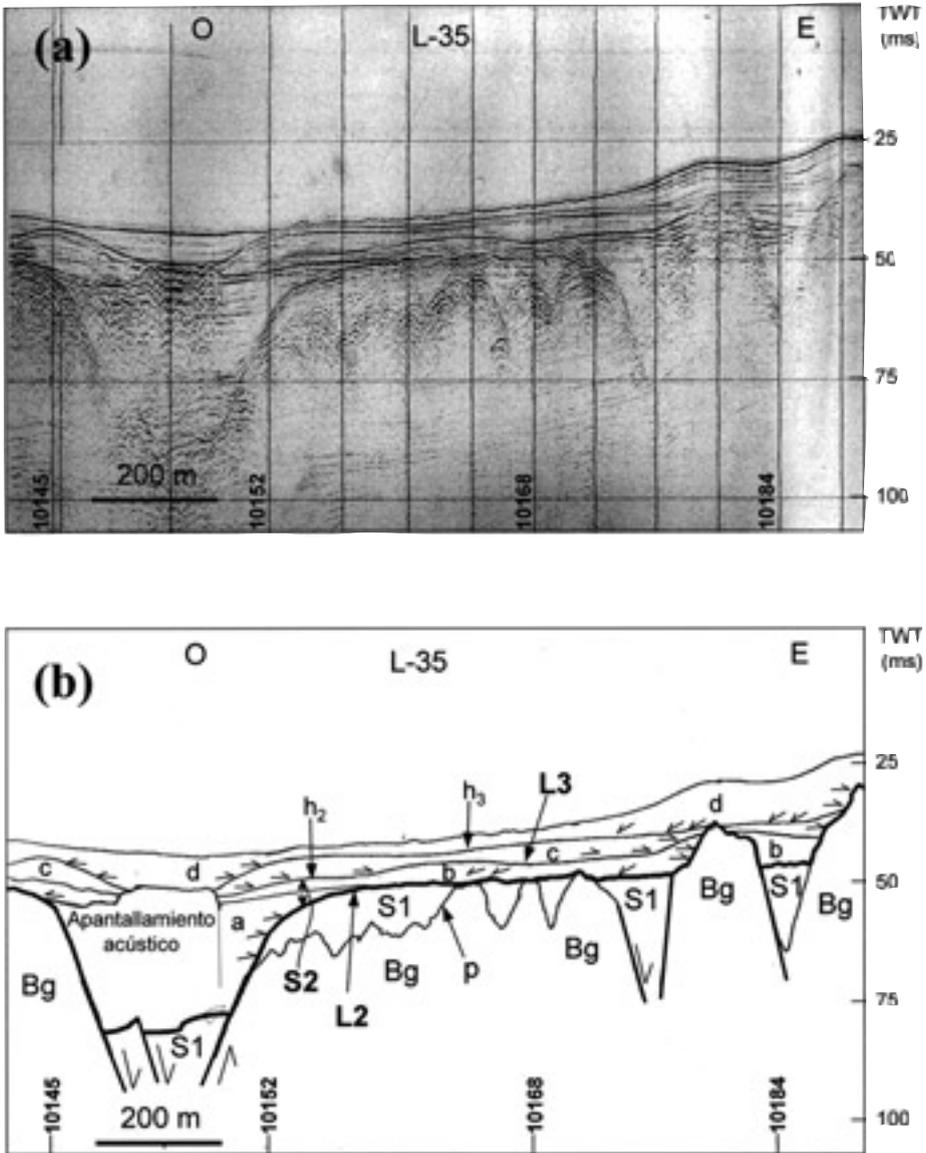


FIG. 7.—Perfil sísmico de reflexión de la Ría de Vigo (L-35). Ver figura 3b para su localización. (a) perfil sin interpretar, (b) interpretación del perfil donde se distinguen los límites de secuencias y unidades. Destaca la presencia de un apantallamiento acústico en la base de la unidad sísmica más reciente (d).
 FIG. 7.—Seismic reflection profile (L-35) from Ría de Vigo. See figure 3b for location. a) non-interpreted seismic profile, (b) seismic interpretation of the seismic profile sequence boundaries and units can be distinguished. It is noticeable the acoustic blanking at the bottom of the more recent unit (d).

LA SECUENCIA S_3

La secuencia S_3 es la más reciente en las rías, y está compuesta por dos unidades sísmicas (c) y (d) (Figs. 8a y 8b). La unidad (c) tiene una base ligeramente erosiva, aunque localmente, hacia los bordes de las rías, muestra la presencia de incisiones de canales con su posterior relleno. Esta unidad (c) es más expansiva que las anteriores unidades (a) y (b), sedimentándose sobre zonas del basamento anteriormente emergidas. Las facies sísmicas de la unidad (c) están constituidas por reflectores mucho más continuos lateralmente y de frecuencia más alta que los de anteriores unidades. Sus reflectores internos subhorizontales terminan en *onlap* sobre la superficie basal hacia el interior de la cuenca, y también hacia los bordes de la misma. La configuración de reflectores más característica de esta unidad es el *back-stepping* (bs_1 , bs_2 , Figs. 8a y 8b) hacia los bordes de la cuenca, que marcan pulsaciones de ampliación de las zonas de sedimentación. El techo está marcado por una superficie de hiato (h_3) no erosiva, que separa la unidad (c) de la (d). La unidad (d) es la más reciente, a la vez de tratarse de la más expansiva. Las facies sísmicas están caracterizadas por reflectores de gran continuidad lateral, altas frecuencias y con configuraciones paralelas hacia el interior de la cuenca que pasan a ser oblicuo-progradantes hacia los bordes de la misma. Los reflectores con configuración paralela terminan en *onlap* sobre el basamento hacia los bordes de la cuenca y en *downlap* sobre la superficie basal (L_3). En este último caso se reconocen geometrías con perfiles típicos de abanicos con desarrollo de un *toplap* en su techo (Fig. 8b).

Facies de apantallamientos acústicos s.s.

Una facies sísmica típica del relleno de las rías es la caracterizada por zonas de alta relación ruido/señal, en las que existe una altísima dispersión de la señal acústica (*scattering*) impidiendo su penetración, son los llamados “apantallamientos acústicos” (Figs. 7a y 7b). Este tipo de facies se reconocieron por primera vez en 1952, cuando Schüller menciona este efecto de enmascaramiento acústico de los sedimentos, en registros de ecosonda de las Bahías de Eckernförde y Kiel (SO Mar Báltico), debido a la presencia de gas libre.

Se distinguen diferentes formas de apantallamientos acústicos (García-Gil et al., 1999b): apantallamientos acústicos s.s., cortinas acústicas, columnas acústicas, y turbidez acústica. El frente de los apantallamientos acústicos se localiza mayoritariamente en el seno de la unidad (d), a diferentes profundidades; aunque con menor frecuencia, también se identifica este frente dentro de la unidad (c). En los registros de perfilador de fondos, ecosonda y sonar de barrido lateral se identifican abundantes formas debidas al escape de fluidos, tales como: *pockmarks*, plumas acústicas, nubes acústicas y estructuras de colapso (García-García et al., 1999, García-Gil et al., 1999b, 2000).

UNIDADES DEL BASAMENTO ACÚSTICO

En ambas rías se identifican claramente dos unidades sísmicas correspondientes a las rocas del basamento (B_g y B_m) (Figs. 8a y 8b). La unidad B_g se caracteriza por la presencia de reflectores altamente discontinuos, con geometrías de techo muy abruptas e irregulares dentro de los perfiles sísmicos que, en ocasiones, llegan a aflorar sobre la superficie del fondo actual. La unidad B_m se caracteriza por reflectores con una continuidad lateral muy pequeña y con geometrías de su techo mucho más suavizadas. Esta unidad B_m siempre aparece sobre la unidad B_g o dispuesta lateralmente. En este último caso el contacto entre ambas es mecánico, observándose la presencia de fallas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En total, el análisis sísmico de alta resolución de las rías de Pontevedra y Vigo revela la presencia de 7 unidades sísmicas.

La ausencia de dataciones impide por el momento establecer la edad de formación de las rías, pero la edad inferida de su relleno sugiere que son relativamente recientes, probablemente del Mioceno o incluso más jóvenes. Por consiguiente la génesis de las rías no parece estar relacionada con la apertura del Golfo de Vizcaya, durante el Cretácico Inferior, sino que parece más probable que sea producto de la actividad tectónica asociada con la Orogenia Alpina (Béticas) de la Península Ibérica, y que se propagó a lo largo del margen occidental de la Península Ibérica reactivando fallas del Paleozoico y deformando los materiales mesozoico-cenozoicos de Portugal (García-Gil *et al.*, 1999a).

Las unidades sísmicas B_g y B_m en función de sus características sísmicas (facies sísmicas) y de su localización espacial con relación a las unidades cartográficas de superficie (Abril Gómez *et al.*, 1981, Rubio *et al.*, 1981) se interpretan como correspondientes a rocas del basamento graníticas (B_g) y metamórficas (B_m). Algunas de las fracturas que limitan lateralmente estas bandas de rocas graníticas y metamórficas (Fig. 2) se identifican en los perfiles sísmicos.

Las 5 unidades sísmicas restantes corresponden al relleno sedimentario de las rías. La identificación de los límites de secuencia L_2 y L_3 permiten diferenciar tres secuencias sedimentarias (S_1 , S_2 y S_3), de más antigua a más reciente, que van marcando una progresiva ampliación de la zona de sedimentación en las rías.

García-Gil *et al.* (1999a), basándose en correlaciones con los datos que Hinz (1970) y Pannekoek (1966) dieron para la Ría de Arousa, proponen que la secuencia S_1 puede ser de origen fluvial y depositada durante las glaciaciones del Riss y/o Würm. Así mismo, atribuyen la génesis de la discontinuidad del techo de esta secuencia (S_1) a la erosión acaecida durante la regresión del Würm. Esta superficie de discontinuidad corresponde al límite de secuencia L_2 identificado en el presente trabajo.

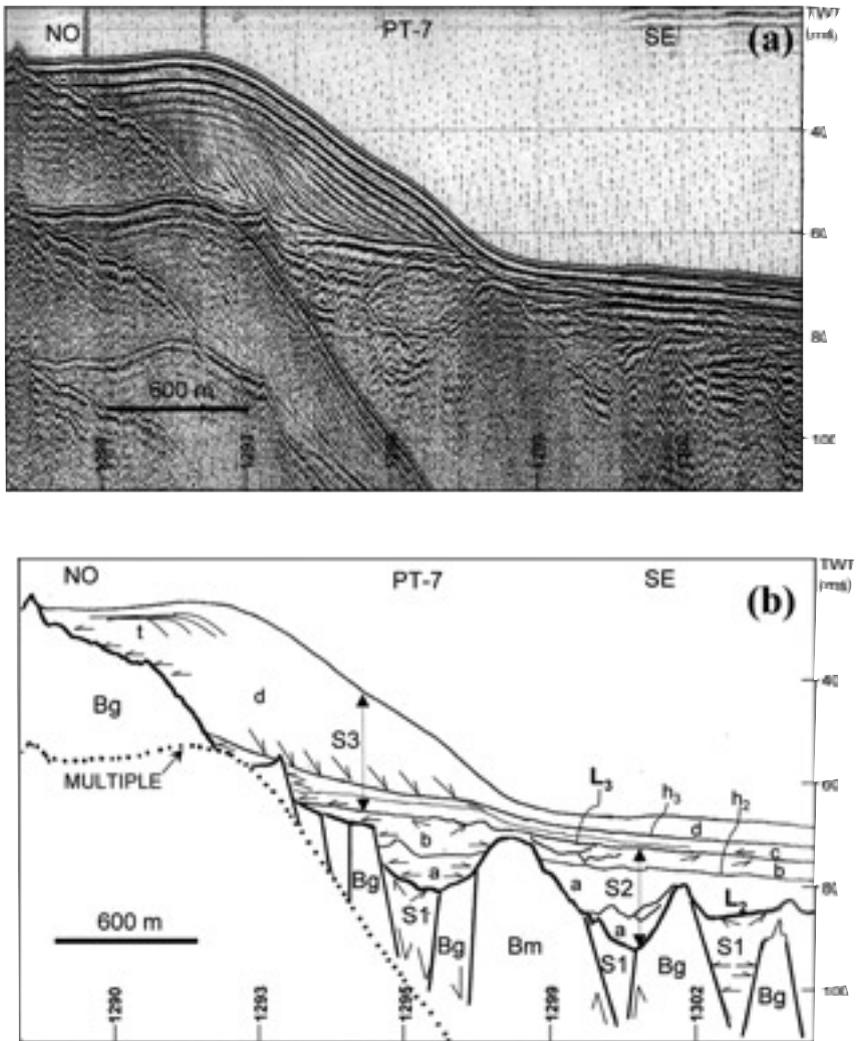


FIG. 8.—Perfil sísmico de reflexión de la Ría de Pontevedra (PT-7). Ver figura 3a para su localización.

(a) perfil sin interpretar, (b) interpretación del perfil donde se muestra la arquitectura estratigráfica de las unidades que componen las secuencias, así como sus límites e hiatos. Destaca (1) la presencia de paleocanales en las unidades de la secuencia S_2 y (2) la existencia de un cuerpo sedimentario progradante (unidad d) con terminaciones de reflectores en onlap hacia el borde de la cuenca y de downlap hacia el interior de la misma, así como el desarrollo de un toplap (t) en la parte superior.

FIG. 8.—Seismic reflection profile (PT-7) from the Ría de Pontevedra. See figure 3a for location. a) non-interpreted seismic profile, (b) seismic interpretation of the seismic profile where stratigraphic architecture of the compounding units, sequences, boundaries and hiatus are shown. It is noticeable (1) paleochannels occurrence in the S_1 units, and (2) appearance of a large prograding sedimentary body (unit d) with lateral terminations both onlap towards the edges and downlap towards the basin, as well as a toplap (t) development.

Por otra parte, el análisis sísmico de alta resolución realizado, teniendo en cuenta la arquitectura estratigráfica de las unidades sísmicas, las terminaciones de reflectores y sus configuraciones, así como las superficies de discontinuidad (hiatos y límites de secuencias), ha permitido distinguir dos secuencias (S_2 y S_3) dentro de la S_2 definida inicialmente (García-Gil et al., 1999a). En este sentido, las correlaciones de reflectores en las dos cuencas (Ría de Pontevedra y Vigo) muestran que la superficie erosiva de discontinuidad estratigráfica (L_3) corresponde a un límite de secuencia (Figs. 4b y 8b), mientras que la superficie (h_3) es un hiato que separa las dos unidades sísmicas (c) y (d). Por consiguiente, se propone que el límite de secuencia L_3 podría corresponder a la superficie de erosión generada durante la bajada relativa del nivel del mar correspondiente al evento frío del *Younger Dryas* (aprox. 11.600 años).

En la secuencia más joven (S_3) destaca la presencia de apantallamientos acústicos que han sido interpretados como debidos a la acumulación de gas biogénico en los sedimentos (García-Gil et al., 1999b). En el techo de esta secuencia (superficie del fondo actual) aparecen diferentes formas debidas al escape de gas (García-García et al., 1999). Esta secuencia S_3 se generó en un periodo de elevación relativa del nivel del mar durante el Holoceno.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por los Proyectos REN2000-1102MAR y PGIDT00PXI30105PR y PGIDT00MAR30103PR. Es también una contribución a los Proyectos IGCP 437 y 464. Los autores agradecen al Dr. Lorenzo Vilas y a D. Juan T. Vázquez sus constructivas sugerencias, con las que se ha mejorado el manuscrito original. Este trabajo es el n.º 222 del Grupo EX-1 de la Universidad de Vigo.

REFERENCIAS:

- ACOSTA, J. (1984) Occurrence of acoustic masking in sediments in two areas of the continental shelf of Spain: Ria de Muros (NW) and Gulf of Cadiz (SW). *Marine Geology*, 58: 427-434.
- ABRIL GÓMEZ, H., ABRIL HURTADO, J., PLIEGO, D. V., CORRETGE, L. G., FLOOR, P., ZAPARTIEL, J. M., GARCÍA SALINAS, F. (1981) Hoja geológica núm. 185 (Pontevedra). *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000*. I.G.M.E., Madrid.
- ABRIL HURTADO, J., CORRETGE, L. G., ZAPARTIEL, J. M., GARCÍA SALINAS, F. (1981) Hoja geológica núm. 184 (Grove). *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000*. I.G.M.E., Madrid.
- ALONSO, B., FARRÁN, M., MALDONADO, A. (1989) Estratigrafía sísmica de alta resolución en márgenes continentales pasivos: factores de control durante el Cuaternario. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 2 (3-4): 269-289.

- DE AGUIRRE, E., BUZTER, K. (1967) Problematical Pleistocene Artifact Assemblages from Northwestern Spain. *Science*, 157: 430-431.
- GARCÍA-GARCÍA, A., VILAS, F., GARCÍA-GIL, S. (1999) A Seeping Seafloor in a Ria environment : Ría de Vigo (NW Spain) *Environmental Geology*, 38(4): 296-300.
- GARCÍA-GIL, S., GARCÍA-GARCÍA, A., VILAS, F. (2000) Holocene Relict Gas Collapse Structures in the Ría de Vigo Gas Fields (NW Spain). *Abstract Volume of the 6th International Conference on Gas in Marine Sediments*, San Petesburgo, Rusia: 28-30.
- GARCÍA-GIL, S., VILAS, F., ACOSTA, J., RECIO, A., UCHUPI, E. (1999a) Quaternary Sedimentation in the Ria de Pontevedra (Galicia), NW Spain. *Journal of Coastal Research*, 15(4): 1083-1090.
- GARCÍA-GIL, S., VILAS, F., GARCÍA-GARCÍA, A. (1999b) Identificación sísmico-acústica de las diferentes formas de Aparición de Gas en la Ría de Vigo (NO España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(2): 301-307.
- HERNÁNDEZ-MOLINA, F. J., SOMOZA, L., REY, J., POMAR, L. (1994) Late Pleistocene-Holocene sediments on the Spanish continental shelves: Model for very high resolution sequence stratigraphy. *Marine Geology*, 120: 129-174.
- HINZ, K. (1970) Seismic Reflection Measurements with a Pneumatic Sound Source in the Ría de Arosa (NW Spain). *Leidse Geologische Mededelingen*, 37: 169-184.
- MARGALEF, R. (1956) Paleoecología postglacial de la Ría de Vigo. *Investigación Pesquera*, T V: 89-112.
- PANNEKOEK, A. J. (1966) The Ría Problem. *Tijdschr. Kon. Ned. Aandr. Gen.*, 83: 185-194.
- PAZOS, O., VILAS, F. GARCÍA-GIL, E., GARCÍA-GIL, S., NOMBELA, M. A., ALEJO, I., RUBIO, B., REY, D. (1994) Holocene Tectonic Movements in the West Coast of Galicia (Spain). *Litoral*, 94: 26-29.
- POSAMENTIER, H. W., JERVEY, M. T., VAIL, P. R. (1988) Eustatic Controls on Clastic Deposition I-Conceptual Framework. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. S. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A., Van Wagoner, J. C. (Eds.), *Sea-Level Changes: An Integrated Approach*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Special Publication, 42: 109-124.
- REY, J. (1993) Relación morfosedimentaria entre la plataforma continental de Galicia y las Rías Bajas y su evolución durante el Cuaternario, *Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía*, 17: 232 p.
- RUBIO, H., ABRIL HURTADO, J., GARCÍA SALINAS, F., CORRETGE, L. G., FLOOR, P., ZAPARTIEL, J. M. (1981): Hoja geológica núm. 223 (Vigo). *Mapa Geológico de España, E. 1:50.000*. I.G.M.E., Madrid.
- SCHÜLER, F. (1952) Untersuchungen über die Mächtigkeit von Schlickschichten mit Hilfe des Echographen. *Dt. Hydrographische Zeitung*, 5, 220-231.
- VAIL, P. R., AUDEMARD, F., BOWMAN, S. A., EISNER, P. N., PÉREZ-CRUZ, C. (1991) The Stratigraphic Signatures of Tectonics, Eustacy and Sedimentology. In: Einsele, G., Ricken, W., Seilacher, A. (Eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*: 617-659, Springer-Verlag, Berlin.
- VAIL, P. R., MITCHUM JR., R. M. (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 1: Overview. In: Payton (Ed.), *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*, AAPG, Memoria 26: 51-52, Tulsa.
- VAIL, P. R., MITCHUM JR., R. M., TODD, R. G., WIDMIER, J. M., THOMPSON III, S., SANGREE, J. B., BUBB, J. N., HATELID, W. G. (1977) Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: Payton (Ed.), *Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration*, AAPG, Memoria 26: 49-213, Tulsa.