

Las terrazas contorníticas en el margen continental Argentino: implicaciones morfosedimentarias y oceanográficas

Contourite terraces along the Argentine continental margin: morphosedimentary and oceanographic implications

F. Javier Hernández-Molina⁽¹⁾, Benedict Preu⁽²⁾, Roberto A. Violante⁽³⁾, Alberto R. Piola⁽³⁾ y C. Marcelo Paterlini⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Vigo, 36200 Vigo, Spain. fjhernan@uvigo.es

⁽²⁾MARUM – Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Bremen, Germany. bpreu@uni-bremen.de

⁽³⁾Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Montes de Oca 2124, Buenos Aires, C1270ABV, Argentina.

cmpaterlini@yahoo.com.ar, violante@hidro.gov.ar, apiola@hidro.gov.ar

ABSTRACT

A significant Contourite Depositional System on the slope of the Argentine margin was characterised, where several depositional and erosive features are well developed. This work is focused on one of these erosive features: the contourite terraces. A set of terraces with good lateral continuity has been described at different depths along the slope. They are sub-horizontal morphologic elements identified at the present sea-floor, which have developed over time in constructional (depositional) and erosive phases caused by the interaction of Antarctic water masses with the seafloor. Their location can be correlated with the main interfaces of water masses. Contourite terraces occurrence has conditioned a remark change in the slope morphologic profile very different to those defined in the conceptual models for continental margins.

Key-words: Contourites, erosive features, contourite terraces, Antarctic water masses, Argentine Continental Margin.

RESUMEN

Un enorme Sistema Depositional Contornítico, compuesto mediante rasgos deposicionales y erosivos, ha sido caracterizado en el margen continental Argentino. El presente trabajo se centra en los rasgos erosivos contorníticos y en concreto en uno de ellos: las terrazas contorníticas. Se identifican a lo largo del talud continental, y a diferentes profundidades, un conjunto de terrazas con una muy buena continuidad lateral. Estas terrazas son elementos morfológicos sub-horizontales sobre el actual fondo submarino desarrolladas durante sucesivas fases constructivas (deposicionales) y erosivas mediante la acción de las masas de agua antárticas que interactúan con el talud continental. Regionalmente la ubicación de las terrazas se correlaciona con la posición de las interfases entre las principales masas de agua. La presencia de las terrazas contorníticas implica cambios muy significativos en el perfil morfológico del talud, generando un perfil muy diferente al definido en los modelos conceptuales de los taludes para los márgenes continentales.

Palabras clave: Contornitas, rasgos erosivos, terrazas contorníticas, masas de agua antárticas, Margen Continental Argentino.

Geogaceta, 50-2 (2011), 145-148.
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 15 de Febrero de 2011
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

Introducción

La influencia de la circulación de las masas de agua sobre los márgenes continentales genera procesos sedimentarios longitudinales (*along-slope*) que pueden desarrollar rasgos deposicionales (*drifts*) o erosivos de gran entidad (Rebesco y Camerlenghi, 2008). Los rasgos erosivos contorníticos son menos conocidos que los drifts y las clasificaciones recientes consideran las terrazas contorníticas (*erosional terraces*), superficies de abrasión (*abraded surfaces*), canales contorníticos (*contourite channels*), fosas contorníticas (*moats*) y *furrows* (Hernández-Molina *et al.*, 2008).

En el margen continental Argentino

(MCA) se ha descrito un sistema deposicional contornítico (SDC) de grandes dimensiones, donde los rasgos erosivos contorníticos están especialmente bien desarrollados (Hernández-Molina *et al.*, 2009). Inicialmente los trabajos regionales realizados determinaban el desarrollo de dichos rasgos en sus segmentos más meridionales, es decir en el margen Patagónico (Hernández-Molina *et al.*, 2009), si bien los últimos estudios realizados por Violante *et al.* (2010) y Preu *et al.* (2011) han puesto de manifiesto su presencia en el sector septentrional del margen (margen del Cratón del Río de la Plata).

En el presente trabajo se evalúa la distribución y profundidad de las terrazas contorníticas a lo largo del MCA (Fig. 1), se co-

rrelacionan entre sí y se discute sobre su posible génesis. El trabajo se ha realizado a partir de una amplia base de datos batimétricos y datos de sismica de reflexión multicanal (MCS) y sismica de media penetración obtenidos por (Fig. 1): a) el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) de Argentina; b) *Federal Institute of Geosciences and Natural Research of Hannover (BGR)*; c) *la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental (COPLA)* y d) el *MARUM / Department of Earth Sciences* (Bremen University, Alemania). Además, se ha realizado una compilación de los datos de CTD existentes en la Cuenca Argentina con el fin de determinar la distribución de las masas de agua próximas al fondo marino.

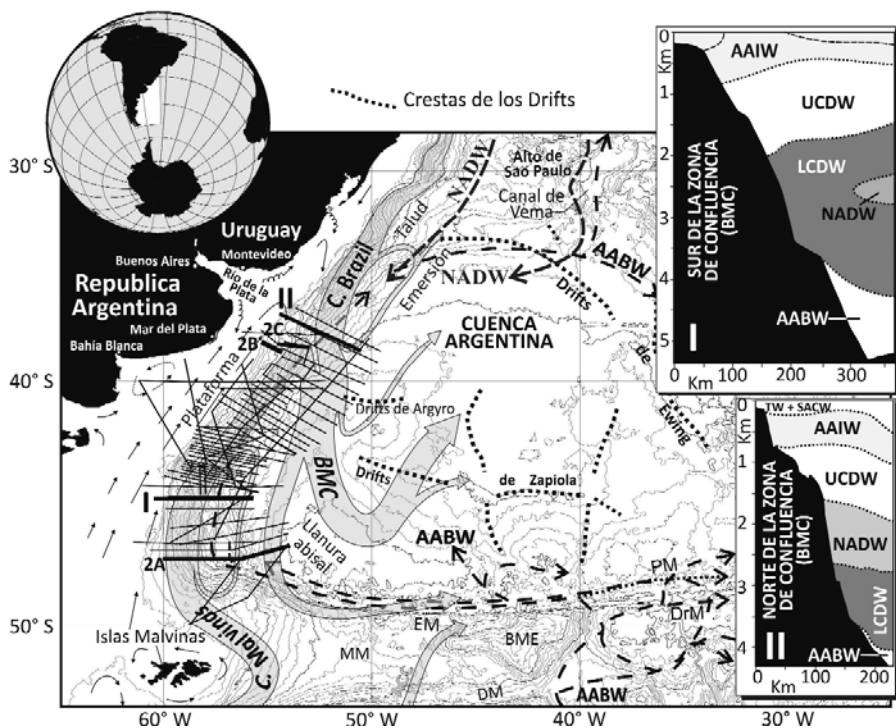


Fig. 1.- Situación del margen argentino con indicación de las características batimétricas y oceanográficas regionales (de Hernández-Molina *et al.*, 2009) Se incluyen dos secciones hidrográficas I y II simplificadas de Piola y Matano (2001) que caracterizan la distribución de masas de agua y sus interfaces.

Fig. 1.- Location of the Argentina Continental Margin showing the oceanographic and major bathymetric characteristics (modified after Hernández-Molina *et al.*, 2009). Two hydrographic sections are included (I and II) simplified from Piola and Matano (2001), which characterize the water masses and their interfaces depths. BMC: Brazil-Malvinas Confluence; DM: Malvinas Depression; DrM: Malvinas Ridge; EM: Malvinas Scarp; MM: Malvinas Plateau; PM: Malvinas Passage; ACC: Antarctic Circumpolar Current; AABW: Antarctic Bottom Water; AAIW: Antarctic Intermediate Water; CDW: Circumpolar Deep Water; LCDW: Lower Circumpolar Deep Water; SACW: South Atlantic Central Water; TW: Tropical Water; UCDW: Upper Circumpolar Deep Water.

El margen continental argentino

El talud continental del MCA tiene una dirección SO hasta el paralelo 45°, donde cambia a ESE y posteriormente hacia el E (Fig. 1). Entre los paralelos 35° y 49° S, tiene unos 1500 km de largo, entre 50 a 300 km de ancho, con un gradiente medio de pendiente de alrededor de 2° y un área total de 700.000 km². El ascenso (o emersión) continental solo está bien definido en los sectores central y septentrional del MCA, comenzando entorno a los 3200-3500 m de profundidad, con una anchura media de 250 km (Fig. 1). El ascenso conecta con la llanura abisal a los 5000 m de profundidad, estando atravesada localmente por cañones y valles submarinos.

Desde un punto de vista tectónico el sector septentrional del MCA es considerado desde el Cretácico como un margen pasivo de tipo volcánico, caracterizado por la presencia de reflexiones buzantes / pro-

gradantes hacia la cuenca (*seaward-dipping reflectors*, SDRs), y puede ser dividido en cuatro grandes segmentos (I a IV) separados por grandes fracturas de transferencia (Franke *et al.*, 2007).

La Cuenca Sedimentaria Argentina se localiza a lo largo del talud y el ascenso continental al este de un alto del basamento continental. Tiene unos 2300 km de largo, con una clara tendencia NE, 350 km de ancho y alrededor de 800.000 km² (Hinz *et al.*, 1999). El relleno sedimentario del MCA tiene más de 8 km de espesor, con una clara relación entre los depocentros y los grandes segmentos tectónicos comentados con anterioridad (Franke *et al.*, 2007). Recientemente Hernández-Molina *et al.* (2009) y Violante *et al.* (2010) han determinado la evolución reciente del MCA mediante la identificación de los horizontes estratigráficos más significativos y su correlación con los de autores previos.

Procesos: la circulación de las masas de agua

El MCA se encuentra bajo la influencia de la Zona de Confluencia resultado de la interacción entre la Corriente de Malvinas hacia el NNE y la circulación de la Corriente de Brasil hacia el Sur (*Brazil/Malvinas Confluence*, BMC, Fig. 1), así como entre las masas de agua profundas del Atlántico Norte y Circumpolar Antártica (*North Atlantic Deep Water*, NADW y *Circumpolar Deep Water*, CDW) y la de fondo Antártica (*Antarctic Bottom Water*, AABW) (Piola y Matano, 2001; Matano *et al.*, 2010). La compleja interacción de dichas masas de agua produce una marcada estratificación de aguas.

La circulación intermedia al S de dicha confluencia sobre el talud está condicionada por la circulación hacia el norte de la Masa de Agua Antártica Intermedia (AAIW) y de la dos fracciones de la CDW: la fracción superior (UCDW) y la inferior (LCDW) (Fig. 1). Al N de la confluencia además de las anteriores masas de agua se dispone la NADW interaccionando con el margen y circulando hacia el sur entre un rango de profundidades de 1500 y 2800 m (Fig. 1). Por el contrario la NADW al S de la confluencia circula hacia el S, sin interaccionar significativamente con el margen argentino, entre los 1000 y 3500 m de profundidad, para posteriormente circular hacia el E. La circulación termohalina profunda esta generada por el desplazamiento hacia el N de la AABW (Fig. 1). La AABW se introduce en la Cuenca Argentina a diferentes profundidades (> 3500 m), circulando posteriormente hacia el oeste contra el Escarpe de Malvinas y produciendo, por un lado, una circulación paralela al oeste de la dorsal medio oceánica SurAtlántica, y por otro, generando un giro anticiclónico dentro de la Cuenca Argentina (Piola y Matano, 2001).

Productos: los rasgos erosivos a lo largo del talud

A lo largo del margen continental, y especialmente en el talud, se han identificado regionalmente rasgos deposicionales y erosivos contorníticos. Respecto a los rasgos erosivos se han identificado: terrazas contorníticas (*contourite terraces*); canales contorníticos (*contourite channels*), fosas contorníticas (*contourite moats*) y surcos erosivos (*furrows*). Entre estos rasgos erosivos

MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO								
Sector Meridional			Sector Central		Sector Septentrional			
Masas de agua		Terrazas			Terrazas	Masas de agua		
MC	AAIW	Nágera	~ 500 m	?	~ 400/600 m	T0	BC = TW+SACW	
		Perito Moreno	~ 1000 m		~ 1200/1300 m	T1= La Plata	Termoclina profunda	
	UCDW	Piedra Buena	~ 2500 m			T3?	UCDW	CDW
			NADW					
	AABW	LCDW + Upper core AABW	V. Feilberg	3800/3500	3500 m		T4	LCDW + Upper core AABW
		Lower core AABW	sin nombre	5500/5000 m		5000 m	T5	Lower core AABW

Tabla I.- Profundidad de las Terrazas contorníticas en los tres grandes sectores cuatro segmentos que compartimentan el Margen Continental Argentino y su correlación con las masas de agua.

Table I.- Contourite terraces depths along the four segments of the Argentine Continental Margin and their correlation with water masses. AABW: Antarctic Bottom Water; AAIW: Antarctic Intermediate Water; BC= Brazil Current; CDW: Circumpolar Deep Water; LCDW: Lower Circumpolar Deep Water; MC: Malvinas Current; SACW: South Atlantic Central Water; TW: Tropical Water; UCDW: Upper Circumpolar Deep Water.

prevalecen las terrazas contorníticas, modificando los gradientes de pendiente del talud a lo largo de todo el margen (Fig. 1).

Estas terrazas identificadas en el sector mas meridional del MCA se denominaron por Hernández-Molina *et al.* (2009) como (Fig. 2A): Nágera (~ 0.5 Km); Perito Moreno (~ 1 km); Piedra Buena (~ 2.5 km) y Valentin Feilberg (~ 3.8/3.5 km) y a ~ 5.5/5 km de profundidad, pero sin nombre asignado. Por el contrario en el sector septentrional se han identificado muy recientemente las siguientes seis terrazas (Fig. 2 B y C): T0 (~

0.5 km); T1 (La Plata ~ 0.4 / 0.6 km); T2 (Ewing ~ 1.2 km); T3 (~ 2.5 km); T4 (~ 3.5 km); y T5 (~ 5 km). En la Tabla I se indica la correlación de la terrazas entre los sectores del MCA. En general las terrazas contorníticas identificadas presentan una buena continuidad lateral, si bien localmente están afectadas por cañones submarinos, valles, deslizamientos, etc. En el sector meridional del margen suelen caracterizarse por una parte proximal suavemente inclinada hacia el mar, en torno a los 0.25-0.5°, y una parte distal de mayor inclinación, de unos 0.5-1°.

Discusión y conclusiones

En el margen continental Argentino (MCA) se destaca el desarrollo de los rasgos erosivos, y en especial la presencia de extensas terrazas contorníticas, que si bien están muy desarrolladas en el sector más meridional del margen (Margen Patagónico), son continuas lateralmente y están también presentes en el sector central y septentrional del margen (Margen del Cratón del Río de la Plata).

Desde el Eoceno Terminal-Oligoceno el

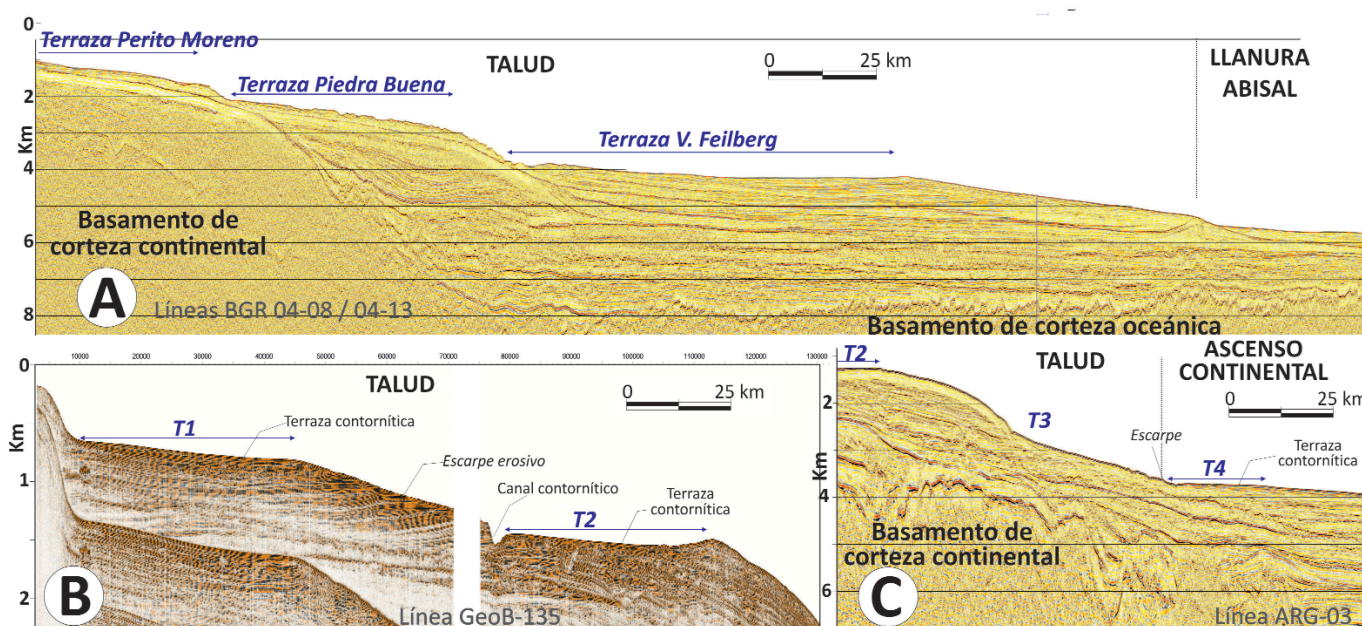


Fig. 2.- Ejemplos de perfiles sísmicos donde se indican algunas de las terrazas contorníticas en el sector meridional del margen Argentino (A), y en el sector septentrional del margen (B y C).

Fig. 2.- Seismic profiles with examples of some of the contourite terraces on the southernmost segment of the Argentine margin (A) and northernmost segment (B & C).

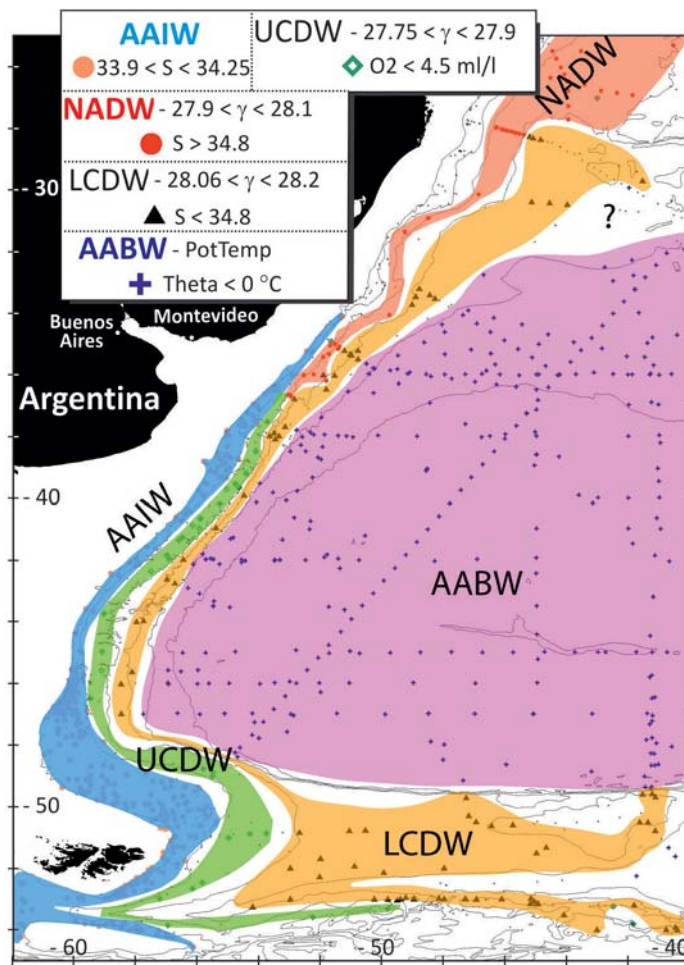


Fig. 3.- Distribución de las masas de agua próximas al fondo marino (< 150 m) en la Cuenca Argentina. Se indican los criterios con los que se ha identificado cada masa de agua.

Fig. 3.- Water masses distribution over the sea-floor (< 150 m) within the Eastern Argentine Basin. Criteria for the identification of each water mass is indicated.

margen argentino ha estado afectado de manera importante por la dinámica de las masas de agua de procedencia Antártica (Hernández-Molina *et al.*, 2009; Violante *et al.*, 2010). Este hecho ha generado desde el Mioceno medio el Sistema Deposicional Contornítico, con un talud continental aterrazado muy característico (Fig. 2), sin ascenso continental en el sector meridional, y con un tránsito escalonado hacia el ascenso continental en el sector septentrional.

La existencia de terrazas generadas por la acción de las masas de agua en algún sub-dominio del talud continental es usual en otros márgenes continentales. Por ejemplo, se han descrito terrazas en el talud superior del Margen de Brasil, a lo largo del talud medio en los márgenes continentales

de Porcupine y del Golfo de Cádiz, o bien a lo largo del talud inferior, caso del Margen de Groenlandia (ver ejemplos en Hernández-Molina *et al.*, 2008). No obstante, la peculiaridad del margen argentino estriba en que la terrazas se encuentran desde el talud superior hasta el talud inferior a diferentes profundidades, lo cual, lo diferencia de cualquier margen típico anteriormente descrito. Por tanto, las terrazas erosivas identificadas determinan la morfología del talud y su génesis se atribuye a la influencia sobre el talud de la circulación de las principales masas de agua (AAIW; UCDW; LCDW; NADW y AABW, Fig. 3). Las terrazas se generarían por una circulación tabular de las masas de agua y pueden ser correlacionadas con las interfases que las limitan

(Tabla-I). La mayor pendiente existente en la parte distal de las terrazas se relaciona con los cambios de corto (ondas internas, mareas, etc.) y largo periodo (cambios eustáticos, clima, etc.) que afectan a la dinámica de dichas interfases.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos: ANPCYT-PICT 2003 n° 07-14417; CTM2008-06386-C02/ANT, IAI CRN 2076/NSF GEO-0452325, y el CTM 2008-06399-C04/MAR. Agradecemos los comentarios de los dos revisores que han mejorado la versión preliminar del presente trabajo.

Referencias

Franke, D., Neben, S., Ladage, S., Schreckenberger, B. y Hinz, K. (2007). *Marine Geology*, 44, 46–67.

Hernández-Molina, F.J., Llave, E. y Stow, D.A.V. (2008). En: *Contourites*, (M. Rebesco y A. Camerlenghi, Eds.) *Developments in Sedimentology*, Elsevier, 60, 379-407.

Hernández-Molina, F.J., Paterlini, M., Violante, R., Marshall, P., de Isasi, M., Somoza, L. y Rebesco, M. (2009). *Geology*, 37, 507-510.

Hinz, K., Neben, S., Schreckenberger, B., Roeser, H.A., Block, M., Goncalves de Souza, K. y Meyer, H., (1999). *Marine and Petroleum Geology*, 16, 1–25.

Matano, R.P., Palma, E.D. y Piola, A.R., (2010). *Ocean Science*, 6, 983–995.

Piola, A.R. y Matano, R.P., (2001). En: *Encyclopedia of Ocean Sciences*. (J.H. Steele, S.A. Thorpe y K.K. Turekian, Eds). London, Academic Press, 1, 340 - 349.

Preu, B., Schwenk, T., Hernández-Molina, F.J., Hanebuth, T., Violante, R., Paterlini, C., Strasser, M., Krastel-Guddegast, S. y Spiess, V. (2011). *Contourites as source and sink on continental margins – a case study off Argentina and Uruguay*. *GU Chapman Conference on Source to Sink Systems*. AGU. California (USA), 24-27, January. Abstracts volume.

Rebesco, M. y Camerlenghi, A. (Eds.) (2008). *Contourites. Developments in Sedimentology*, Elsevier, 60, 688 p.

Violante, R.A., Paterlini, C.M., Costa, I.P., Hernández-Molina, F.J., Segovia, L.M., Cavallotto, J.L., Marcolini, S., Bozzano, G., Laprida, C., García Chapori, N., Bickert, T., y Spie, V. (2010). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 17, 33-62.