

# SEDIMENTACIÓN MARINA PROFUNDA EN EL MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO: REVISIÓN Y ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Roberto A. Violante <sup>1</sup>, José L. Cavallotto <sup>1</sup>, Graziella Bozzano <sup>1,2</sup>, Daniela V. Spoltore <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía, División Geología y Geofísica Marina. Montes de Oca 2124, Buenos Aires C1270ABV, Argentina. violante@hidro.gov.ar, jlcavallotto@hidro.gov.ar, gbozzano@hidro.gov.ar, spoltoredaniela@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> CONICET.

## ARTICLE INFO

### Article history

Received February 15, 2017

Accepted July 5, 2017

Available online July 12, 2017

### Invited Editor

Leticia Burone

### Handling Editor

Ernesto Schwarz

### Keywords

Procesos sedimentarios

Dinámica oceánica

Rasgos morfosedimentarios

Contornitas

Talud continental argentino

## RESUMEN

El Margen Continental Argentino (MCA) ocupa un lugar privilegiado en el océano mundial por su contexto oceanográfico altamente dinámico asociado a la circulación global, que favorece el desarrollo de extensas capas nefeloides con gran cantidad de sedimentos en suspensión, así como una alta energía de los agentes de erosión y transporte que son capaces de movilizar sedimentos en el fondo marino. Estas condiciones coadyuvan a la ocurrencia de procesos sedimentarios profundos de gran magnitud y complejidad. El margen comenzó a ser estudiado a partir de mediados del siglo XX. El conocimiento que se tenía por ese entonces, que acompañaba a las hipótesis de la época a nivel internacional, señalaba que los procesos sedimentarios dominantes en las regiones profundas del talud y emersión eran los gravitacionales y pelágicos. Se desconocía la influencia de las corrientes de fondo asociadas a la estructura oceanográfica de carácter termohalina, al menos en magnitud importante como para ejercer un efecto modelador significativo sobre el suelo marino. Estudios realizados en las últimas dos décadas alertaron sobre la ocurrencia de procesos sedimentarios asociados a corrientes profundas paralelas al margen capaces de construir cuerpos contorníticos (*drifts*) elongados en el sentido de circulación de las corrientes. El redescubrimiento de estos procesos llevó a cambiar substancialmente los mapas del lecho marino. Estos nuevos conceptos no solamente marcaron un significativo avance en el campo de la Geología Marina, sino que permitieron comprender que ésta no podía ser considerada e interpretada sin el apoyo de la Oceanografía Física. En base a la interrelación entre los tres procesos sedimentarios básicos que ocurren en los fondos marinos (longitudinales, gravitacionales y pelágicos), el MCA es subdividido regionalmente, de norte a sur, en seis regiones, cada una con sus rasgos morfosedimentarios propios, de acuerdo fundamentalmente a las características que presentan las formas resultantes de los procesos dominantes, que son los contorníticos y gravitacionales. Regionalmente, en el sector de margen pasivo los cuerpos contorníticos son continuos a lo largo de 1600 km, denotando la gran extensión sobre la cual actúan las corrientes de fondo; su magnitud (extensión y espesores) disminuyen progresivamente de sur a norte, debido a factores múltiples como la decreciente dinámica de aquellas corrientes y la interacción con procesos gravitacionales. No obstante, vuelven a adquirir grandes dimensiones hacia el margen de Brasil en un contexto oceanográfico diferente al del margen argentino. En cambio, en los sectores de márgenes transcurrente y mixto

adyacentes al sector sur patagónico y Arco de Scotia, los cuerpos contorníticos son más reducidos en tamaño (pocas centenas de km de extensión) y en general de menores espesores, dado que se vinculan a sectores localizados en fosas, canales, taludes de extensión limitada, y pasajes entre altos estructurales y elevaciones del fondo.

---

## EXTENDED ABSTRACT

### *Deep marine sedimentation in the Argentine Continental Margin: Revision and state-of-the-art*

#### Introduction

The Argentine Continental Margin (ACM), one of the largest margins worldwide, shows varied geotectonic and morphosedimentary settings (Fig. 1) with a complex oceanographic configuration (Fig. 2), as a consequence of the highly energetic oceanographic framework (Hastenrath, 1982; Berger and Wefer, 1996; Wefer *et al.*, 1996, 2004; Mata *et al.*, 2001; Bryden and Imawaki, 2001; Talley, 2003; Carter and Cortese, 2009). These configurations produce a complex sediments dynamic resulting from two major processes: the formation of nepheloid layers with an enormous amount of suspended sediments (Ewing *et al.*, 1971; Biscaye and Eittrheim, 1977; Emery and Uchupi, 1984; Bearmon, 1989; Scholle, 1996) and the activity of very strong bottom currents with high capacity for producing energetic erosive and depositional processes affecting the sea floor. The result of these sets of conditions is responsible of the unusual high sand content of this margin in relation to others in the world (Lonardi and Ewing, 1971; Frenz *et al.*, 2004; Bozzano *et al.*, 2011).

Although the margin has been studied since mid XX century (Heezen and Tharp, 1961, in Heezen, 1974; Ewing *et al.*, 1964; Ewing, 1965; Ewing and Ewing, 1965; Ewing and Lonardi, 1971; Lonardi and Ewing, 1971; Le Pichon *et al.*, 1971; Urien and Ewing, 1974; Mouzo, 1982; Emery and Uchupi, 1984; Pudsey *et al.*, 1988; Lawver *et al.*, 1994; Parker *et al.*, 1996, 1997; Coren *et al.*, 1997; King *et al.*, 1997; Gilbert *et al.*, 1998; Pudsey and Howe, 1998), an exhaustive analysis of the sedimentary processes involved in its evolution is a still pending issue. However, recent studies carried out since the beginning of the XXI century with the pioneering works by Pudsey and

Howe (2002) and Cunningham *et al.* (2002) in the Scotia Sea, and Hernández Molina *et al.* (2009) in the passive sector of the margin, initiated the epoch of more specific investigations that led to revisit most of the concepts concerning the deep-sea sedimentation previously considered.

The objective of this contribution is to synthesize the present knowledge on deep sedimentary processes in the ACM, previously discussing the change from the “turbiditic” to the “contouritic” models that took place as a result of the studies performed in the region during the last 30 years. This change followed the advance in the conception of deep-marine sedimentary processes that occurred worldwide, as expressed by Swallow and Worthington (1957), Stommel (1958), Heezen and Hollister (1964), Hollister (1967), Shanmugan (2000), Stow *et al.* (2002), Mc.Cave (2002), Rebesco and Camerlenghi (2008), Hsü (2008) and Rebesco *et al.* (2014), among others.

#### Argentine Continental Margin (ACM): state of the art

The first reference to the sedimentary processes acting in the slope and rise of the ACM was done by Ewing *et al.* (1964), who stressed the relevance of submarine canyons and nepheloid layers as the main ways of transport of fine sediments to the deep regions, being pelagic sedimentation of minor importance. Only in the abyssal plains those authors mentioned the possibility of bottom currents acting on the sea floor. Later contributions by Le Pichon *et al.* (1971), Lonardi and Ewing (1971) and Ewing and Lonardi (1971) reinforced those concepts and mentioned the bottom currents forming the drifts (contouritic bodies) in the Argentine Basin. Although some subhorizontal terraces were later described in the middle slope by Lonardi and Ewing (1971) and Ewing and Lonardi (1971), the consideration of the continental slope as a high-gradient feature mostly erosive and dominated by turbiditic processes still

prevailed at those times (Heezen and Tharp, 1961, en Heezen, 1974; Emery and Uchupi, 1984) (Fig. 3), even if Wüst (1957, in Heezen 1973) had previously noticed that strong bottom currents swept the continental slope of eastern South America. Moreover, as shown for example by Ewing and Lonardi (1971) and Pudsey and Howe (2002), sea-floor photographs taken in the decades of 1960-1970 in the Argentine margin (GeoMapApp, 2013) already illustrated unidirectional ripples in the slope (Fig. 4).

The advance in the knowledge and application of the new models proposed at those times in the world, led to the first mention to contouritic deposits in the ACM by Pudsey *et al.* (1988) in the Scotia Sea and surroundings, followed by new findings in the region by Lawver *et al.* (1994), Coren *et al.* (1997), King *et al.* (1997), Gilbert *et al.* (1998), Pudsey and Howe (1998, 2002), Cunningham *et al.* (2002), Maldonado *et al.* (2003, 2006) and Koenitz *et al.* (2008). Later contributions by Rovira *et al.* (2013), Esteban (2013), Pérez (2014) and Pérez *et al.* (2015) improved the knowledge in those areas. In the passive margin, Hernández Molina *et al.* (2009) described for the first time the very extensive and complex Contourite Depositional System (CDS) developed along 1600 km. Following this, the contributions by Hernández Molina *et al.* (2010, 2011), Violante *et al.* (2010b), Bozzano *et al.* (2011), Gruetzner *et al.* (2011, 2012, 2016), Lastras *et al.* (2011), Muñoz *et al.* (2012) and Preu *et al.* (2012, 2013) provided more detailed information about the CDS in some localized areas of the margin. The development of the concept of contouritic sedimentation in the ACM was necessarily related to the consideration that along-slope deep-marine sedimentary processes are closely linked to the activity of bottom currents interacting with the sea-floor. Taking into account the particularly energetic ocean dynamic in the region and the strong thermohaline stratification (Reid *et al.* 1977; Piola and Gordon, 1989; Bianchi *et al.*, 1993; Saunders and King 1995; Boebel *et al.*, 1999; Arhan *et al.* 1999, 2002a, 2002b, 2003; Piola and Matano 2001; Bianchi and Gersonde, 2002; Henrich *et al.* 2003; Carter *et al.* 2008), and considering that this oceanographic structure evolved since Eocene-Oligocene times (Hinz *et al.*, 1999; Zachos *et al.*, 2001; Lawver and Gahagan, 2003; Livermore *et al.*, 2004; Cavallotto *et al.*, 2011; García Chaporí, 2015), it is easy to understand that the sedimentary architecture and the morphosedimentary configuration of the margin

strongly responded to the impact of bottom currents on the sea-floor acting along large periods of time, so shaping the continental margin (Pudsey and Howe, 2002; Cunningham *et al.*, 2002; Hernández Molina *et al.*, 2009, 2010, 2011; Violante *et al.*, 2010 b; Lastras *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2012; Preu *et al.*, 2012, 2013; Gruetzner *et al.*, 2011, 2012, 2016; Pérez *et al.*, 2015). However, the above mentioned processes varied regionally depending on the geotectonic framework of the margin, which is composed of four types of margins (Pelayo and Wiens, 1989; Ramos, 1996; Hinz *et al.*, 1999; Mohriak *et al.*, 2002; Franke *et al.* 2007, 2010; Cavallotto *et al.*, 2011; Violante *et al.*, 2017) (Fig. 1): passive, transcurrent, mixed and active.

Consequently, and according to the entire set of factors involved in different regions of the margin (geotectonic, morphological, sedimentary, oceanographic, etc.) and their regional variations, six zones are identified from north to south (Fig. 5). Five of them correspond to the passive margin and one encompasses the transcurrent, mixed and active margins.

**Northeastern Buenos Aires (36-38°S).** Large submarine canyons and mass-transport deposits shaping the slope, as well as an extensive rise, are the major features in this region. The largest canyons systems are Rio de la Plata and Mar del Plata, which were previously described by different authors (Lonardi and Ewing, 1971; Ewing and Lonardi, 1971; Violante *et al.* 2010 a; Bozzano *et al.*, 2011; Krastel *et al.* 2011; Preu *et al.* 2012, 2013; Voigt *et al.* 2013, 2016). Dominant processes are gravitational, producing turbiditic and mass-transport deposits, with contouritic drifts in the terraces between canyons. Major terraces are La Plata (T1, at ~500–600 m depth), Ewing (T2, at 1200-1500 m), T3 (restricted to the northern flank of the Mar del Plata canyon at 2500 m) and Necochea (T4, at 3500 m) (Hernández Molina *et al.*, 2009; Preu *et al.*, 2013).

Drifts are plastered and mounded in the Ewing terrace and plastered to detached in the Necochea terrace. The rise is wide as a result of the highly significant downslope processes. Contouritic drifts are 700 to 1000 m thick and are composed of gravelly, sandy-silty and muddy facies. This zone extends northwards towards the Uruguayan margin (Franco-Fraguas *et al.*, 2014, 2016; Hernández-Molina *et al.*, 2015).

**Southeastern Buenos Aires (38-40°30'S).** Dominant morphological elements in the slope are contouritic terraces (the same that in the northern region), which are affected, and partially interrupted, by small submarine canyons. The rise in this region is progressively reduced in size towards the south. Several contouritic drifts (plastered) have been described (Hernández-Molina *et al.*, 2009; Violante *et al.*, 2010 b; 2012; Bozzano *et al.*, 2011; Preu *et al.*, 2012, 2013; Gruetzner *et al.*, 2016). La Plata and Ewing contouritic terraces show their largest development here, with drift's thicknesses up to 1 km. Despite the small size of submarine canyons, they seem to play a significant role in transporting sediments offshore as evidenced by large turbiditic lobes and mass-transport deposits present at the base of the slope, although they show reoriented patterns to the northeast due to the strong activity of northward flowing deep contouritic currents, so constituting mixed features where detached drifts are recognized (Hernández Molina *et al.*, 2009).

**Northern Patagonia (40°30'-42°30'S).** Contouritic terraces dominate the landscape of the slope in this region, although they are highly dissected by a dense net of small submarine canyons; a narrow rise is present in this region. Contouritic drifts are plastered and mounded (Hernández Molina *et al.*, 2010; Gruetzner *et al.*, 2016), with thicknesses up to 1600 m and a sandy-muddy texture. However, gravitational processes are also important as evidenced by the significance of slides and mass-transport deposits in the middle slope, rise and western flank of the Argentine Basin (Hernández Molina *et al.*, 2009; Bozzano *et al.*, 2014; Costa *et al.*, 2014).

**Central-northern Patagonia (42°30'-46°S).** The most impressive features in this region are the large Submarine Canyons Systems Ameghino and Almirante Brown, which are the largest canyons in the ACM. They are transverse to the slope in their upper and middle sections, but in the mid-lower slope they run parallel to the isobaths. Although tectonic processes have been considered for explaining the change in the canyon's direction (Rosello *et al.*, 2005), recent studies indicate the strong influence of alongslope currents able to deflect the canyons to the north (Hernández Molina *et al.*, 2009; Lastras *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2012). Where contouritic drifts were recognized around the canyons, they are dominantly

plastered with thickness up to 1600 m.

**Central-southern Patagonia (46-49°S).** Very large contouritic terraces develop here, shaping four major terraces (Nágera, at ~500 m depth, Perito Moreno, at ~1000 m, Piedra Buena, at ~2100–2500 m and Valentín Feilberg, at ~3500–4000 m) (Hernández-Molina *et al.* 2009, 2010; Gruetzner *et al.*, 2011). They are composed of thick (up to 2000 m) plastered drifts that became mounded towards the deeper terrace. Contouritic processes are so important here that even the rise acquires a "contouritic" character rather than a typical base-of-slope gravitational feature.

**Southern Patagonia, islands and Scotia Arc (south of 49°S).** Comprises the entire region that corresponds to the transcurrent, mixed and active margins, where more detailed studies are still lacking for differentiating sectors with distinct morphological and genetic characteristics. The configuration of this zone favors the occurrence of very significant gravitational processes in the steeper sectors of the slope both in the northern (Escarpa de Malvinas –Malvinas Scarp-) and in the southern side (flank of the Dorsal Norte de Scotia -North Scotia Ridge-). In the western side of the Arc, Lonardi and Ewing (1971) described at least seven submarine canyons. Contouritic drifts develop locally in the slope, and within depressions between structural heights and sea-floor elevations, where more energetic bottom currents are channeled. This is the case for the Fosa de Malvinas (Malvinas Trough) and for different passages connecting the Scotia Sea with the southwestern sector of the Argentine Sea (Cunningham *et al.* 2002; Pudsey and Howe, 2002; Rebesco *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2003, 2006, 2010; Koenitz *et al.*, 2008; Baristead *et al.*, 2013; Rovira *et al.*, 2013; Esteban, 2013; Pérez, 2014; Pérez *et al.*, 2015). Contouritic drifts in these regions are mainly plastered, although mounded, elongated, detached and sheeted types are also recognized depending on their location and local morphology.

### Concluding remarks

The progress in the scientific knowledge of the deep-sea sedimentation in the ACM has significantly advanced in recent years, through the change from a "gravity, density-dominated" model to an "along-slope, current-dominated" model. However, it must be considered that the two models are not opposite,

but they coexist and interact. Two major areas can be differentiated in terms of the prevalent sedimentary processes. The passive margin is dominated by an extensive Contouritic Depositional System, whose complex architecture is characterized by a variety of depositional, erosive and mixed features interacting with large systems of submarine canyons and mass-transport processes, with different configurations according to the zone and local morphosedimentary characteristics. On the other hand, in the transcurrent, mixed and active margins, contouritic drifts are regionally limited and in general located in more energetic regions such as passages between structural heights and sea-floor elevations.

The advance in the knowledge and the understanding of the deep-sea processes in the ACM is not only relevant for the development of marine geological and sedimentological sciences but also in the field of Physical Oceanography. The study of contouritic bodies and their records is also useful for paleoenvironmental and paleoceanographic reconstructions. Applied aspects such as resources exploration, sea-floor instabilities, deep currents and their interaction with sea bed, as well as other items related to marine geohazards, will benefit from the integration between Marine Geology and Oceanography.

**Keywords:** sedimentary processes, ocean dynamics, morphosedimentary features, contourites, Argentine continental slope.

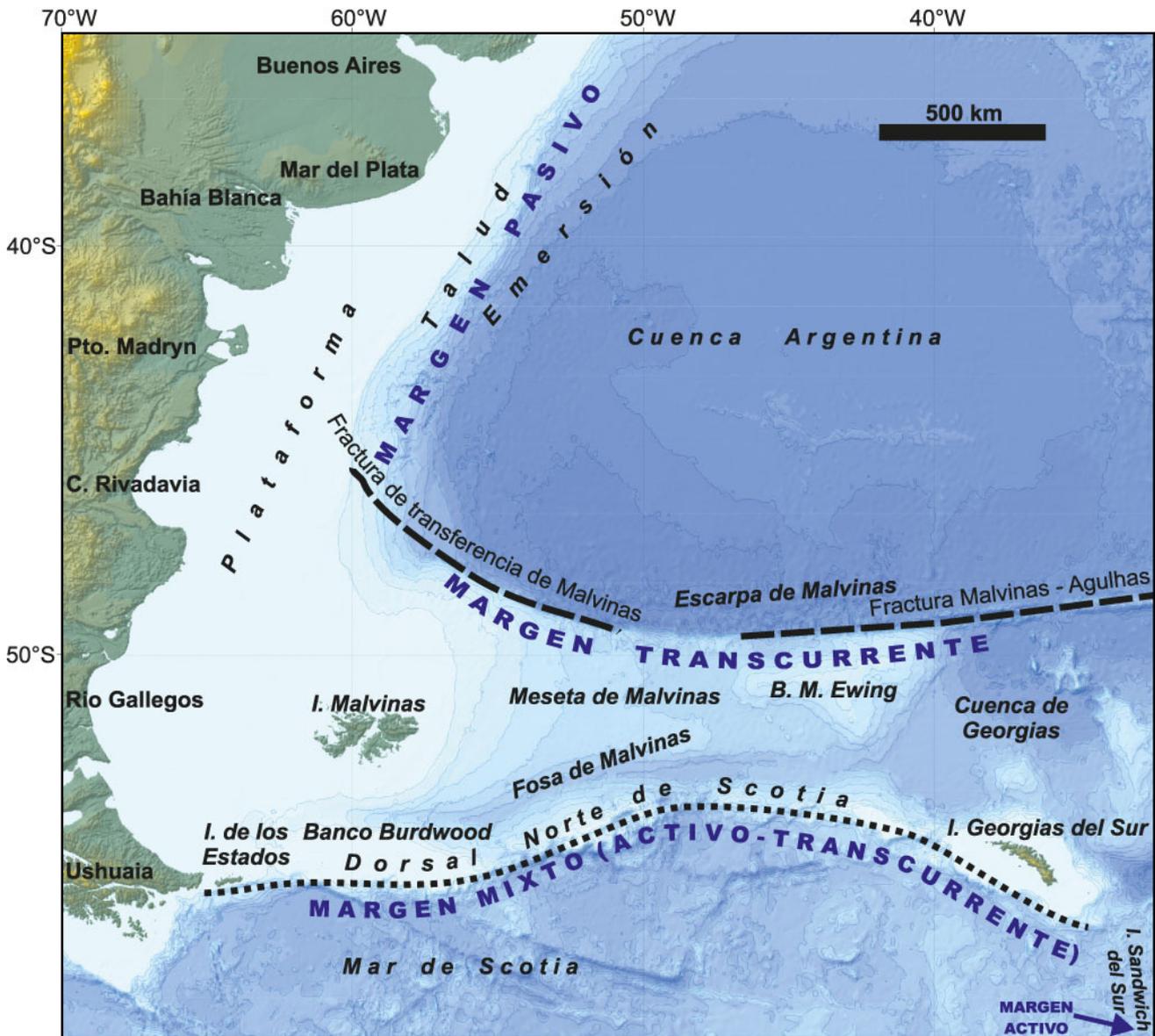
## INTRODUCCIÓN

El Margen Continental Argentino (MCA) es geotectónicamente complejo (Fig. 1) y uno de los de mayor dinámica sedimentaria a escala global, hecho condicionado por su contexto oceanográfico altamente energético (Fig. 2) (por ej., Hastenrath, 1982; Berger y Wefer, 1996; Wefer *et al.*, 1996, 2004; Bryden e Imawaki, 2001; Mata *et al.*, 2001; Talley, 2003; Carter y Cortese, 2009). Relacionado con esa dinámica ocurren dos procesos mayores: la formación de capas nefeloides con una enorme cantidad de sedimentos en suspensión (Ewing *et al.* 1971; Biscaye y Eitrem 1977; Emery y Uchupi 1984; Bearmon, 1989; Scholle, 1996) y la actividad de fuertes corrientes de fondo que favorecen procesos de erosión-depositación de alta energía, los cuales producen el inusual contenido arenoso que este

margen tiene en relación a otros (Lonardi y Ewing, 1971; Frenz *et al.*, 2004; Bozzano *et al.*, 2011).

De los dominios que componen el MCA (plataforma, talud y emersión, ver por ej., Mouzo, 1982; Parker *et al.*, 1996, 1997; Violante *et al.*, 2017), en los dos últimos no se conocían, hasta tiempos relativamente recientes (fines del siglo XX), detalles acerca de la variedad de procesos sedimentarios allí actuantes. No obstante, los trabajos de Heezen y Tharp (1961, en Heezen, 1974), Ewing *et al.* (1964), Ewing (1965), Ewing y Ewing (1965), Ewing y Lonardi (1971), Lonardi y Ewing (1971), Le Pichon *et al.*, 1971, Urien y Ewing (1974), Emery y Uchupi (1984), Pudsey *et al.* (1988), Lawver *et al.* (1994), Parker *et al.* (1996, 1997), Coren *et al.* (1997), King *et al.* (1997), Gilbert *et al.* (1998) y Pudsey y Howe (1998) ya apuntaban a la gran complejidad sedimentaria y geomorfológica de aquellos ambientes. Si bien faltan aún estudios específicos en gran parte de ese ámbito, algunos avances recientes, como por ejemplo a partir de las contribuciones pioneras de Pudsey y Howe (2002) y Cunningham *et al.* (2002) en el Mar de Scotia y regiones vecinas, así como de Hernández Molina *et al.* (2009) en el talud del margen pasivo atlántico, sentaron las bases de la concepción moderna de la sedimentación profunda en la región. Estos antecedentes permiten replantear y visitar las hipótesis anteriores vinculadas a la dinámica sedimentaria, fundamentalmente explicar el cambio que llevó desde el concepto de turbiditas originalmente considerado hasta el actualmente vigente de procesos contorníticos.

Este trabajo tiene por objetivo realizar una síntesis actualizada de las características morfosedimentarias de la región y los procesos dinámicos involucrados en su formación, con especial énfasis sobre el rol que los procesos contorníticos juegan en el MCA, sobre la base del avance en la materia que ha ocurrido a nivel internacional, el cual está permitiendo mejorar los modelos sedimentarios de los márgenes continentales pasivos a escala global. Si bien existen antecedentes recientes de valiosos trabajos de revisión en la temática a nivel internacional (por ej., Shanmugan, 2000; Stow *et al.*, 2002; Rebesco y Camerlenghi, 2008; Rebesco *et al.*, 2014), la presente contribución pretende dar a conocer la problemática en la República Argentina y aplicar los nuevos modelos sedimentarios en función de las características de nuestro margen continental, aprovechando el momento en que las



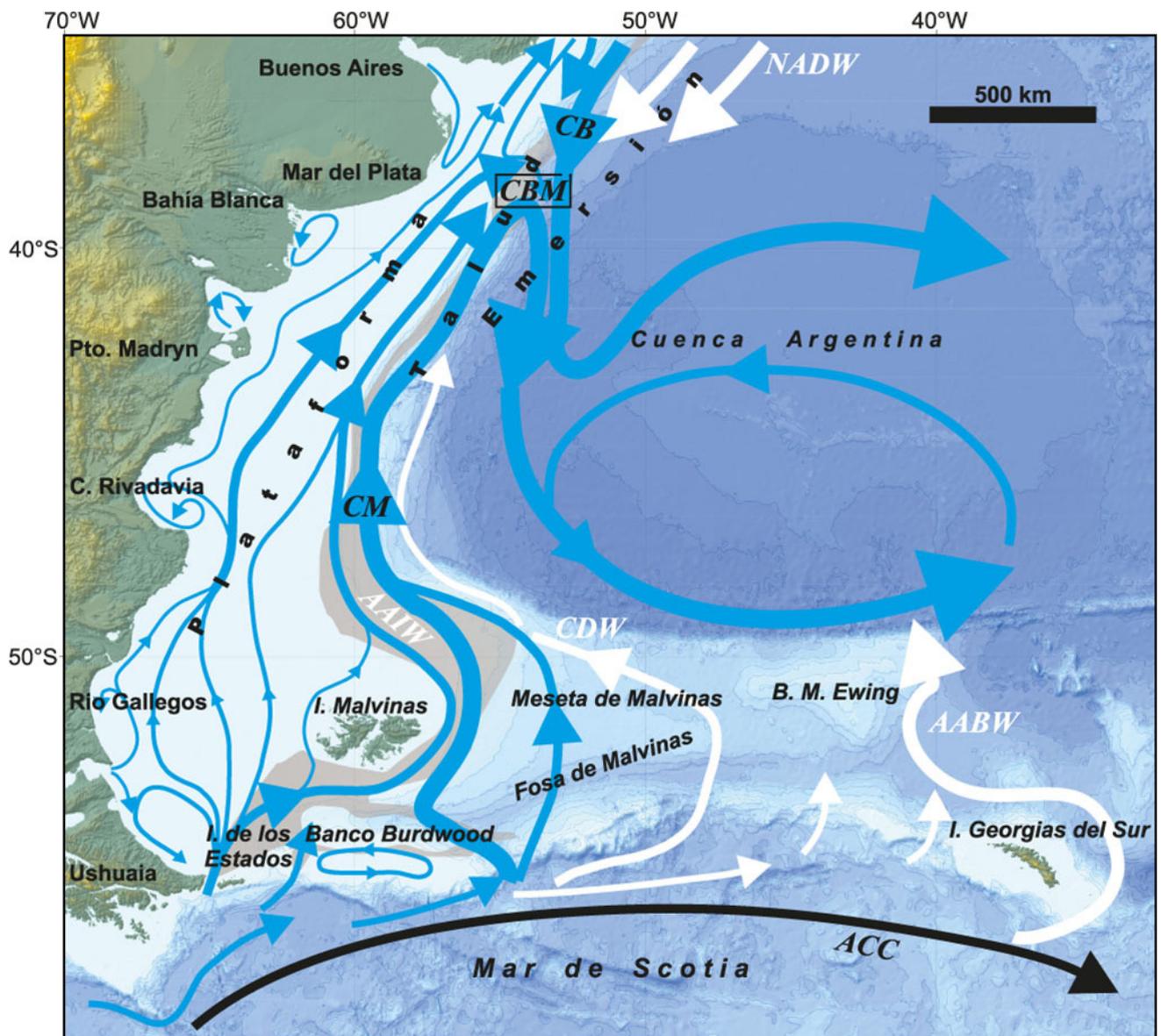
**Figura 1.** Tipos de márgenes que forman el Margen Continental Argentino y rasgos morfoestructurales mayores.  
**Figure 1.** Types of margins that comprise the Argentine Continental Margin and major morphostructural features.

ciencias marinas parecen comenzar a tener en el país un desarrollo significativo.

### ESTADO DEL ARTE DE LOS PROCESOS SEDIMENTARIOS MARINOS PROFUNDOS

La década de 1960 significó en el mundo un cambio trascendental en los paradigmas acerca de la dinámica sedimentaria marina profunda. Hasta entonces sólo se conocía la importancia de los procesos turbidíticos generados por corrientes de densidad y otros de origen gravitacional en el talud y cuencas

oceánicas. Sin embargo, el avance tecnológico que significó comenzar a utilizar en aquellos tiempos las fotografías submarinas, permitió “descubrir” en las profundidades oceánicas ondas de sedimentos asimétricas que solamente podían ser explicadas por la acción de corrientes de fondo. Este hecho demostró la existencia de procesos no gravitacionales en dichas profundidades. Heezen y Hollister (1964) y Hollister (1967) fueron quienes plantearon por primera vez la existencia de procesos sedimentarios longitudinales asociados a esas corrientes de fondo (denominando “drifts” no solamente a estos procesos sino también



**Figura 2.** Ramas de las principales corrientes marinas asociadas a la circulación oceánica en el Margen Continental Argentino. En azul: corrientes más superficiales que ingresan y circulan en el Mar Argentino (CM: Corriente de Malvinas; CB: Corriente de Brasil; CBM: Confluencia Brasil-Malvinas). En negro: Corriente Circumpolar Antártica (ACC). En blanco: corrientes más profundas (AABW: Agua de Fondo Antártica; CDW: Agua Circumpolar Profunda; NADW: Agua Profunda del Atlántico Norte). En gris: Agua Intermedia Antártica (AAIW). Compilado de Hernández Molina *et al.* (2009, 2011); Matano *et al.* (2010); Pérez (2014). **Figure 2.** Branches of the main marine currents associated to the ocean circulation in the Argentine Continental Margin. In blue: surface currents entering and circulating in the Argentine Sea (CM: Malvinas current; CB: Brazil current; CBM: Brazil-Malvinas Confluence). In black: Antarctic Circumpolar Current (ACC). In white: deep currents (AABW: Antarctic Bottom Water; CDW: Circumpolar Deep Water; NADW: North Atlantic Deep Water). In grey: Antarctic Intermediate Water (AAIW). Compiled after Hernández Molina *et al.* (2009, 2011); Matano *et al.* (2010); Pérez (2014).

a los depósitos sedimentarios resultantes de ellos). Además de los nuevos descubrimientos fotográficos, los para entonces también novedosos avances en sísmica marina y extracción de testigos de sedimentos, sumaron herramientas de gran utilidad

para la interpretación de los procesos marinos profundos. Por otra parte, en esa época comenzaron a considerarse, para la nueva concepción de la dinámica sedimentaria, los conceptos de circulación geostrofica y termohalina formulados previamente

por Wüst (1935), los cuales habían sido inicialmente ignorados por los geólogos marinos de la época (ver referencias en Stow *et al.*, 2002). Los trabajos de Swallow y Worthington (1955) y Stommel (1958), más los conceptos vigentes a mediados de los años 50 de que “no todas las arenas profundas son turbiditas” (ver referencias en Hsü, 2008), fueron el sustento para las nuevas ideas elaboradas por B. Heezen y C.D. Hollister, considerados los “padres” de la concepción contornítica (Mc.Cave, 2002). Tal era la resistencia de la comunidad científica de la época a los nuevos conocimientos, que Hsü (2008) planteó, irónicamente, la disyuntiva entre “turbidófilos” y “turbidófobos” para referirse a las ideas que imperaban a principios de los años 1960 sobre los procesos sedimentarios marinos profundos, como una manera de exponer dos conceptos hasta entonces “opuestos”: turbiditas (producto de procesos transversales gravitacionales) y contornitas (producto de procesos longitudinales por corrientes de fondo).

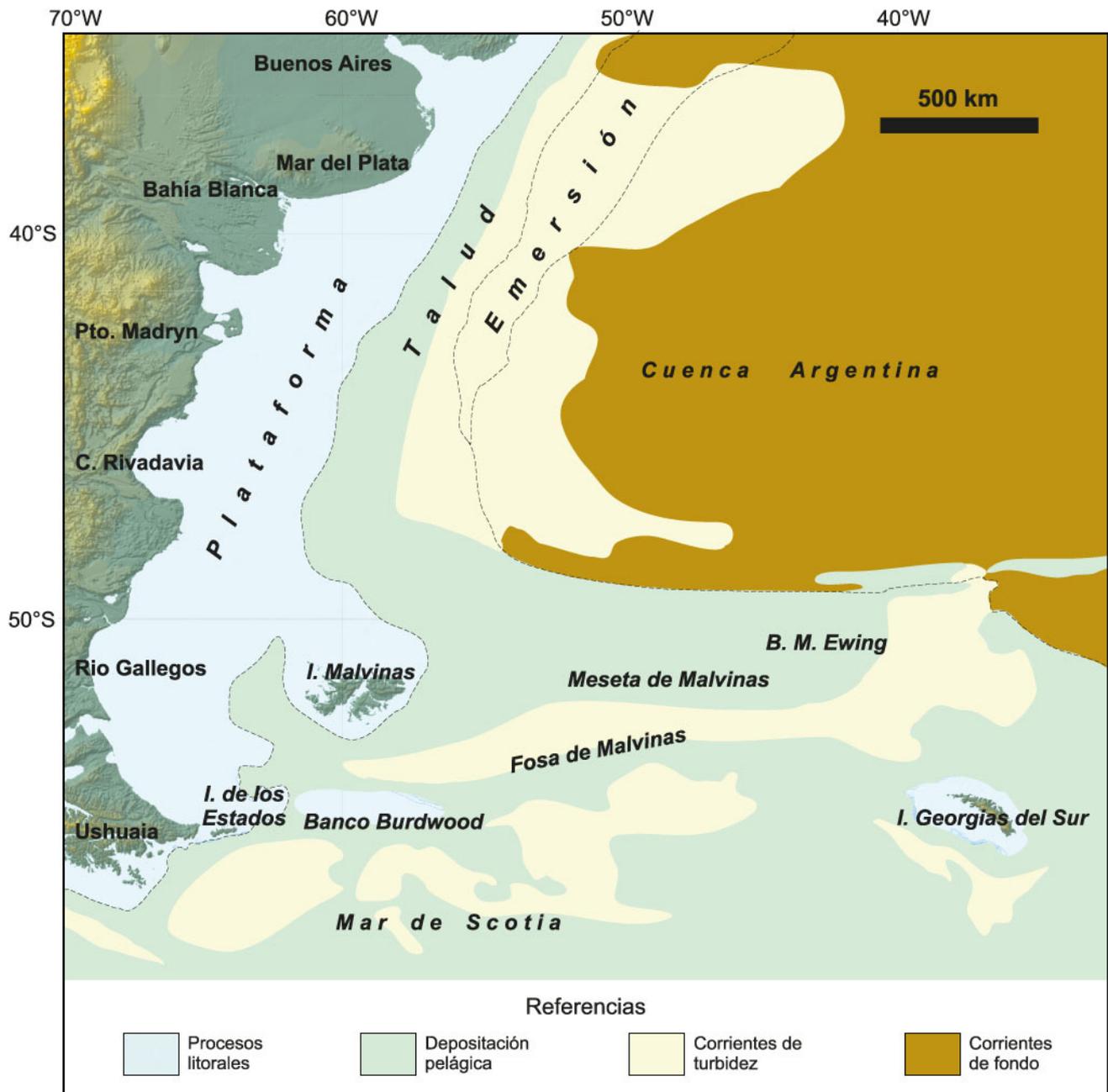
Con el conocimiento actual se ha demostrado que los conceptos de corrientes de densidad generadas por procesos gravitacionales y de corrientes de fondo no solo coexisten, sino que además ellos son, junto con los procesos pelágicos (sedimentación vertical desde la columna de agua), simplemente los miembros extremos de una interacción de procesos marinos que normalmente interactúan entre sí y conforman rasgos morfosedimentarios generalmente complejos, en función de la variabilidad en el ambiente de depositación, el proceso sedimentario dominante y los factores oceanográficos actuantes (Rebesco *et al.*, 2014).

### La problemática en el MCA: pasado y presente del conocimiento

La evolución del conocimiento en el MCA ha seguido los pasos de los avances ocurridos a nivel mundial. Una de las primeras menciones sobre los procesos sedimentarios en el talud y emersión argentinos corresponde a Ewing *et al.* (1964), quienes manifestaron que los procesos dominantes eran los gravitacionales en cañones submarinos y la acción de las capas nefeloides aportando materiales finos a las zonas profundas, siendo la sedimentación pelágica un proceso secundario. Esos autores hicieron escasa referencia a flujos de corrientes a lo largo del fondo, limitándose a los ambientes muy profundos de la

cuenca abisal donde algunos horizontes sísmicos sugerían cierta influencia de aquéllos. Este modelo se ha mantenido en trabajos posteriores (Le Pichon *et al.*, 1971; Lonardi y Ewing, 1971; Ewing y Lonardi, 1971), y particularmente en los últimos dos se destaca la fuerte disección del talud por corrientes de turbidez que producen rasgos erosivos, algunos de los cuales se extienden aún hacia la plataforma adyacente, con alta capacidad de transporte de sedimentos gruesos desde allí hacia las regiones profundas durante los descensos del nivel del mar. Por otro lado, todos esos autores sólo mencionaron la importancia de las corrientes de fondo para la construcción de los cuerpos contorníticos (*drifts*) de la Cuenca Argentina. El mapa morfológico de Heezen y Tharp (1961, en Heezen, 1974) es un ejemplo de la concepción de talud predominantemente erosivo con prevalencia de procesos gravitacionales que imperaba en esa época, no obstante ilustrar algunos niveles aterrazados que no fueron interpretados. Una de esas terrazas, a 1000 metros de profundidad, fue años más tarde descrita por Lonardi y Ewing (1971) y Ewing y Lonardi (1971) (terrazza hoy denominada “Ewing”, Hernández Molina *et al.*, 2009), de la cual aquellos autores sólo mencionaron su forma subhorizontal y su estructura interna de capas casi planas construidas por progradación y acreción, con posibles indicadores de cierta influencia tectónica. Por otra parte, Emery y Uchupi (1984) señalaron que los sedimentos del talud argentino eran depositados por procesos predominantemente pelágicos, y una vez en el fondo se movilizaban pendiente abajo por procesos turbidíticos que afectaban -junto con movimientos en masa- aún a la emersión superior, mientras que únicamente en la emersión inferior y cuenca oceánica se manifestaban procesos relacionados a corrientes geostróficas (Fig. 3). Es precisamente en esas áreas muy profundas donde aquellos autores mencionaron (siguiendo los conceptos precedentes de Le Pichon *et al.*, 1971, Lonardi y Ewing, 1971 y Ewing y Lonardi, 1971) a los cuerpos contorníticos de la Cuenca Argentina (*Drifts* Ewing, Zapiola y Argyro), como también otros en las cuencas *offshore* de Brasil (*Drifts* Almeida y Paraíba).

Esos modelos sedimentarios no consideraban algunos conceptos novedosos para la época, como las conclusiones de Wüst (1957, en Heezen, 1973), quien había mencionado que corrientes de fondo relativamente fuertes barrían el talud continental del este de Sudamérica. Estos principios ya eran



**Figura 3.** Mapa de los procesos marinos profundos en el Atlántico suroccidental según Emery y Uchupi (1984). Modificado de Emery y Uchupi (1984, figura 337).

**Figure 3.** Map of the deep marine processes in the Southwestern Atlantic according to Emery and Uchupi (1984). Modified after Emery and Uchupi (1984, figure 337).

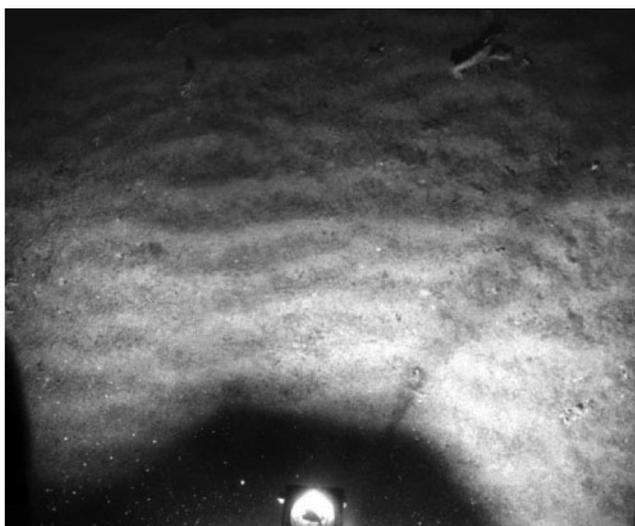
considerados en diversos textos tanto de la época como posteriores (por ej., Shepard, 1963; Reineck y Singh, 1980). Aquellos modelos aplicados al margen argentino tampoco tuvieron en cuenta evidencias de corrientes unidireccionales de fondo en el talud superior y en la Terraza Ewing documentadas mediante fotografías (Fig. 4), obtenidas durante las cam-

pañías llevadas a cabo en la región en el marco del convenio entre el Lamont-Doherty Earth Observatory (LDEO, Columbia University, EEUU) y el Servicio de Hidrografía Naval (GeoMapApp, 2013), algunas de ellas ilustradas en Ewing y Lonardi (1971) y Pudsey y Howe (2002).

Fue recién a partir de finales del siglo XX y en



Estación RC12-197-249-002  
38.400°S - 54.567°O  
Profundidad 580 m  
Buque Robert Conrad, 23/12/1968



Estación VM31-030-051-001  
45.667°S - 59.250°O  
Profundidad 880 m  
Buque Vema, 21/02/1974

**Figura 4.** Estaciones seleccionadas de fotografías submarinas del margen argentino, tomadas por el Lamont Doherty Earth Observatory (Universidad de Columbia, Estados Unidos de Norteamérica) en las décadas de 1960 y 1970. Tomado de GeoMapApp, 2013. Obsérvense las ondulas unidireccionales, que indican una corriente hacia el noreste (comparar con la dirección de la aguja de la brújula), lo cual es coherente con la dirección regional estimada de las corrientes de fondo en las terrazas contorníticas. La brújula mide aproximadamente 10 cm de diámetro.

**Figure 4.** Sites of selected sea-floor photographs in the Argentine margin, taken by Lamont Doherty Earth Observatory (University of Columbia, United States of America) in the 1960s and 1970s. Downloaded from GeoMapApp, 2013. Note the unidirectional ripples that indicate a northeast current direction (compare with the direction indicated by the compass), what is coherent with the regional estimated direction of bottom currents in the contouritic terraces. Compass is about 10 cm wide.

los primeros años del presente, cuando comenzaron a describirse depósitos contorníticos en sectores del Arco de Scotia y adyacencias (Pudsey *et al.*, 1988; Lawver *et al.*, 1994; Coren *et al.*, 1997; King *et al.*, 1997; Gilbert *et al.*, 1998; Pudsey y Howe, 1998, 2002; Cunningham *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2003, 2006; Koenitz *et al.*, 2008). Para el sector de margen pasivo, el gran avance se dio con los estudios de detalle realizados para la extensión del límite exterior de la plataforma por parte de la Comisión Argentina de la CONVEMAR (COPLA), cuando pudo revisarse toda la información sísmica disponible hasta la época y realizar nuevos relevamientos, lo que llevó a reinterpretar la arquitectura sedimentaria del talud y rever conceptos vinculados a los procesos dinámicos involucrados en la construcción y evolución del margen. Como resultado de ello, Hernández Molina *et al.* (2009) fueron los primeros en describir los sistemas sedimentarios en ese ámbito a nivel regional y definir un gran Sistema Depositacional

Contornítico, tras lo cual siguieron trabajos específicos en áreas localizadas a fin de establecer las características sísmicas y sedimentológicas de esos sistemas en distintas regiones del margen (Hernández Molina *et al.*, 2010; Violante *et al.*, 2010b; Bozzano *et al.*, 2011; Gruetzner *et al.*, 2011, 2012, 2016; Lastras *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2012; Preu *et al.*, 2012, 2013). También en el Arco de Scotia y zonas adyacentes, nuevas contribuciones ampliaron el conocimiento de ese tipo de depósitos (Rovira *et al.*, 2013; Esteban, 2013; Pérez, 2014; Pérez *et al.*, 2015).

Estos antecedentes permitieron no solamente mejorar substancialmente el conocimiento de la región, sino además cambiar algunos paradigmas que dominaban el saber de la época, establecidos previamente, entre otros, por Heezen y Tharp (1961, en Heezen, 1974), Ewing *et al.* (1964), Ewing (1965), Ewing y Ewing (1965), Lonardi y Ewing (1971), Ewing y Lonardi (1971), Urien y Ewing (1974), Mouzo (1982) y Parker *et al.* (1996, 1997).

## **EL MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO: CONTEXTO GEOTECTÓNICO, OCEANOGRÁFICO Y MORFOSEDIMENTARIO**

Con el objeto de explicar los procesos marinos profundos en las diferentes regiones que componen el MCA, es necesario previamente describir brevemente los rasgos geotectónicos y morfoestructurales, así como la dinámica oceanográfica, que han condicionado la sedimentación.

### **Rasgos geotectónicos y morfoestructurales mayores**

La evolución del Océano Atlántico Suroccidental ha llevado al MCA a adquirir configuraciones que determinan cuatro tipos de márgenes (Fig. 1): pasivo, transcurrente, mixto y activo (Pelayo y Wiens, 1989; Ramos, 1996; Hinz *et al.*, 1999; Franke *et al.*, 2007, 2010; ver síntesis en Cavallotto *et al.*, 2011 y Violante *et al.*, 2017).

El margen pasivo, o margen extensional volcánico (Mohriak *et al.*, 2002), desarrollado al norte de 48-49°S, corresponde al sector resultante de la separación lateral entre las Placas de Sudamérica y África. Presenta vastos ambientes de plataforma, talud y emersión. La transición plataforma-talud se halla a profundidades variables entre 90 y 150 m (Parker *et al.*, 1997; Violante *et al.*, 2014), mientras que el talud se extiende hasta profundidades de unos 4500 m, desde donde pasa a la emersión.

El margen transcurrente está asociado a la zona de fractura de transferencia Malvinas-Agulhas (Fig. 1). Su principal rasgo morfológico es un talud de carácter erosivo con elevada pendiente que suele llegar a 45° de inclinación (Escarpa de Malvinas), la cual se extiende de oeste a este formando el borde norte de la Meseta de Malvinas. La base de la escarpa llega a profundidades cercanas a 6000 m en el extremo suroeste de la Cuenca Argentina. Por su parte, la Meseta de Malvinas es una extensa superficie con profundidades equivalentes a la plataforma exterior y el talud superior, excediendo escasamente los 3000 m, excepto en la cuenca de Georgias donde llega a los 4000 m. La meseta tiene diferentes configuraciones con grandes superficies de muy baja pendiente, extendiéndose alrededor de las Islas Malvinas y Georgias, de los bancos Burdwood y M. Ewing, destacándose además la Fosa de Malvinas con profundidades entre 1500 y 3500 m.

El margen mixto corresponde a las dorsales norte y sur del Arco de Scotia (Fig. 1), donde la interacción entre la Placa de Scotia con las de Sudamérica y Antártida le ha impuesto características tanto de margen activo como transcurrente. Este margen se caracteriza por morfologías de pendientes abruptas y rasgos mayoritariamente erosivos, que llegan a profundidades de hasta 4000 m al sur del Banco Burdwood, con frecuentes escarpas y cañones que suelen presentar afloramientos de rocas del basamento (por ej., Maldonado *et al.*, 2013).

El margen activo se limita al extremo oriental de la Placa de Scotia (Fig. 1), en su interacción con la Placa Sudamericana, dando lugar al frente de convergencia de muy fuertes pendientes manifestado por el arco volcánico de las Islas Sandwich del Sur (Pelayo y Wiens, 1989; Leat *et al.*, 2003).

### **Dinámica oceánica**

La estructuración oceanográfica de las masas de agua del Océano Atlántico Suroccidental está condicionada por la circulación geostrofica global y la circulación termohalina, que producen una marcada estratificación de las aguas. En ese sentido, el MCA tiene una ubicación particularmente relevante en el océano global por ser un ámbito único en el cual se produce transporte meridional neto de calor entre regiones polares y tropicales (por ej., Arhan *et al.* 1999, 2002a, 2002b; Berger y Wefer, 1996; Wefer *et al.*, 1996, 2004; Bryden e Imawaki, 2001; Mata *et al.*, 2001; Talley, 2003; Carter *et al.* 2008; Carter y Cortese, 2009). Por otra parte, la gran concentración de sedimentos de fondo y en suspensión en la región, capaces de ser movilizados por la dinámica oceánica (Ewing *et al.* 1971; Biscaye y Eitrem 1977; Emery y Uchupi 1984; Bearmon, 1989; Berger y Wefer, 1996; Scholle, 1996; Wefer *et al.*, 1996, 2004; Hernández Molina *et al.*, 2009, 2010) favorecen una alta dinámica sedimentaria que resulta ser un factor clave en la construcción morfoestructuraria del margen.

La estructura oceanográfica está determinada por la *Atlantic Meridional Overturning Circulation* (Toggweiler y Samuels, 1995; Munk y Wunsch, 1998; Schmittner *et al.*, 2007; Speich *et al.*, 2007), que en conjunto con la Corriente Circumpolar Antártica son esenciales en el sistema de intercambio de calor entre diferentes masas oceánicas de altas y bajas latitudes (Fig. 2). La estratificación vertical termohalina resul-

tante se manifiesta en marcadas interfases entre masas de agua adyacentes que favorecen la formación de capas nefeloides y la ocurrencia de olas internas y flujos turbulentos. Por encima de los 500 m de profundidad la estructura está dominada por el Agua Tropical y el Agua Central del Atlántico Sur que fluyen hacia el sur con la Corriente de Brasil (CB), y el Agua Modal Subantártica que fluye hacia el norte a través de la Corriente de Malvinas (CM). Entre 500 y 1200 m de profundidad la región es dominada por el Agua Intermedia Antártica (AAIW por su sigla en inglés) (Piola y Matano, 2001), la cual presenta zonas de mezclas de aguas (Bianchi *et al.*, 1993; Bianchi y Gersonde, 2002) y remolinos oceánicos o *eddies* (Boebel *et al.*, 1999). La Confluencia Brasil-Malvinas (CBM) es una de las áreas más relevantes donde se produce intercambio entre la sección fría y menos salina de la AAIW proveniente del Pasaje de Drake y la AAIW recirculada (Piola y Gordon, 1989), así como el encuentro entre la CM y la CB (Fig. 2). A profundidades mayores, hasta los 3000 m, circula en el sector más septentrional del MCA el Agua Profunda del Atlántico Norte (NADW por su sigla en inglés), la cual hacia el sur de la CBM interactúa con el núcleo central del Agua Circumpolar Profunda de tal forma que separa a ésta en dos secciones, una superior hasta 2000 m de profundidad, y una inferior entre 3000 y 3700 m (Reid *et al.*, 1977; Saunders y King, 1995; Piola y Matano, 2001; Arhan *et al.*, 2002a, 2003; Henrich *et al.*, 2003; Preu *et al.*, 2013). Si bien al sur de la CBM la NADW se va separando progresivamente del margen perdiendo gradualmente importancia en el modelado del fondo, sus variaciones temporales a escala glacial-interglacial generaron fluctuaciones en la profundidad de las interfases entre las masas de aguas antárticas, las cuales se reflejan en el registro sedimentario (Preu *et al.*, 2013). Por su parte, a profundidades mayores a los 3700-4000 m circula el Agua de Fondo Antártica, muy fría y densa (Fig. 2).

Este sistema oceanográfico se comenzó a configurar con sus características actuales a partir del Eoceno-Oligoceno, con la expansión definitiva del Océano Atlántico y la modificación de diferentes portales oceánicos a nivel global, como el cierre del Mar Mediterráneo y el Istmo de Panamá en bajas latitudes y la apertura de los Pasajes de Drake y Tasmania en altas latitudes. Estos cambios modificaron la primitiva circulación ecuatorial dominante Este-Oeste e instalaron un sistema de circulación Norte-Sur con intercambio de masas de agua tropi-

cales y polares, más el subsiguiente aislamiento de la Antártida y la instalación de la Corriente Circumpolar Antártica (Hinz *et al.*, 1999; Zachos *et al.*, 2001; Lawver y Gahagan, 2003; Livermore *et al.*, 2004; Cavallotto *et al.*, 2011; Preu *et al.*, 2012, 2013). La estructuración actual se alcanzó entre el Mioceno medio a superior y Plioceno superior (Gruetzner *et al.*, 2011; Preu *et al.*, 2012, 2013; García Chaporí, 2015), condicionando el desarrollo de la configuración morfosedimentaria hoy reconocida en el MCA, con la formación de las diferentes terrazas y cuerpos contorníticos situados a las profundidades de las interfases entre masas de agua adyacentes en diferentes ámbitos (Pudsey y Howe, 2002; Cunningham *et al.*, 2002; Hernández Molina *et al.*, 2009, 2010, 2011; Violante *et al.*, 2010b; Lastras *et al.*, 2011; Gruetzner *et al.*, 2011, 2012, 2016; Muñoz *et al.*, 2012; Preu *et al.*, 2012, 2013; Pérez *et al.*, 2015).

### Rasgos morfosedimentarios del talud y emersión en el MCA

El MCA muestra una alta variabilidad en cuanto a su conformación morfosedimentaria en función de su gran extensión, las características geotectónicas, morfoestructurales y oceanográficas, y los diversos procesos sedimentarios involucrados. En líneas generales se diferencian dos regiones mayores. En el margen pasivo son dominantes los procesos longitudinales, que ocurren en forma casi ininterrumpida a lo largo de grandes extensiones por el espacio disponible para que las corrientes geostróficas puedan ejercer su efecto de modelado sobre el fondo. Los gravitacionales se concentran en cañones submarinos donde ocurren mayoritariamente procesos turbidíticos, y en las zonas de inestabilidad de las pendientes mayores del talud donde prevalecen procesos de remoción en masa. Por su parte, en los márgenes transcurrente, mixto y activo, de relieves mucho más marcados y abruptos que en el margen pasivo, la acción de las corrientes longitudinales y sus consecuentes procesos contorníticos son más intensos por estar las corrientes de origen antártico más cerca de sus áreas de origen. Sin embargo, como en muchos casos ellas se encauzan en zonas reducidas al atravesar los pasajes que conectan el Mar de Scotia con el sector de Mar Argentino en el margen pasivo surpatagónico (Figs. 1, 2), los depósitos contorníticos serán en muchos casos de extensión más limitada y

restringida a aquellos pasajes, privilegiando entonces fuera de éstos el predominio de los procesos gravitacionales, favorecidos además por los fuertes desniveles topográficos.

Analizando en detalle las regiones mayores del MCA, se destaca que en el sector del margen pasivo (Fig. 5), el talud y emersión muestran rasgos morfosedimentarios complejos tanto erosivos como depositacionales y mixtos. Se entiende por rasgos mixtos a aquellos en los que coexisten formas erosivas y depositacionales, como las terrazas del talud, que aunque son construccionales en su estructura sedimentaria tienen superficies niveladas por erosión (Violante *et al.*, 2010; Preu *et al.*, 2013; Hernández Molina *et al.*, 2015); también son denominados de esa manera los cuerpos sedimentarios formados por interacción entre procesos contorníticos y gravitacionales, como pueden ser los lóbulos desarrollados al pie del talud y en zonas de cambios abruptos de pendientes (Rebesco *et al.*, 2009; Stow y Faugères, 2009; Faugères *et al.*, 2009; Mulder *et al.*, 2009; Gruetzner *et al.*, 2012). En el talud se desarrolla el Sistema Depositacional Contornítico (SDC) definido por Hernández Molina *et al.* (2009), el cual se extiende a lo largo de unos 1600 km. Está constituido por terrazas conformadas por diferentes tipos de rasgos depositacionales (cuerpos contorníticos o *drifts*), afectados por intensos procesos erosivos que modelan terrazas, escarpas y cañones submarinos. Los rasgos morfosedimentarios mayores que componen el sistema contornítico en el sector norte del margen pasivo (al norte de 43°S) son cuatro terrazas (Fig. 6) (Hernández Molina *et al.*, 2009; Preu *et al.*, 2013): La Plata (T1, a ~500–600 m de profundidad), Ewing (T2, a 1000–1500 m), T3 (restringida al interior del cañón Mar del Plata, en su flanco norte, a 2500 m) y Necochea (T4, a 3500 m). También han sido mencionadas en ese sector otras terrazas más profundas. Por su parte, en el sector sur del margen pasivo (al sur de 45°S, Figs. 5, 6) se describieron otras cuatro terrazas contorníticas (Hernández Molina *et al.* 2009), denominadas Nágera (a ~500 m de profundidad), Perito Moreno (~1000 m), Piedra Buena (~2100–2500 m) y Valentín Feilberg (~3500–4000 m). Los niveles de terrazas en ambas regiones han sido correlacionados entre sí (Hernández Molina *et al.*, 2011, Fig. 6), aunque su continuidad regional está interrumpida por la interposición de los grandes sistemas de cañones submarinos Ameghino y Almirante Brown. En el caso de la emersión, al norte de

44°S está dominada por procesos gravitacionales transversales al margen, si bien entre 40 y 44°S la presencia de lóbulos turbidíticos y de depósitos de transporte en masa orientados oblicuamente respecto de la base del talud revelan una significativa influencia de procesos longitudinales relacionados a corrientes profundas. En cambio, al sur de 44°S la emersión muestra rasgos particulares ya que está conformada por terrazas contorníticas con escasas evidencias de procesos gravitacionales (Hernández Molina *et al.*, 2009).

En el ámbito del margen transcurrente se desarrollan depósitos contorníticos de extensión limitada (Fig. 5), en gran parte con rasgos mixtos, como al norte del Banco Burdwood en las cabeceras de la Fosa de Malvinas (Koenitz *et al.*, 2008; Esteban, 2013; Pérez *et al.*, 2015), así como en la parte más profunda de ésta (Cunningham *et al.*, 2002).

Los márgenes mixto y activo son rasgos con fuertes pendientes. Particularmente el talud al sur del extremo austral de Tierra del Fuego está cortado por al menos siete cañones submarinos (Lonardi y Ewing, 1971). En otros sectores de estos márgenes predominan procesos turbidíticos, aunque con presencia de cuerpos contorníticos localizados (Fig. 5) (Pudsey y Howe, 2002; Rebesco *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2006, 2010; Pérez *et al.*, 2015).

### **Zonificación morfosedimentaria del MCA**

En base a los rasgos morfosedimentarios mayores y a la interrelación entre los procesos sedimentarios y oceanográficos, se reconocen en el talud y la emersión diferentes regiones, de norte a sur (Fig. 5). Para el sector de margen pasivo se diferencian las siguientes regiones: Noreste bonaerense (36–38°S); Sureste bonaerense (38–40°30'S); Norte patagónico (40°30'–42°30'S); Centro-norte patagónico (42°30'–46°S); Centro-sur patagónico (46–49°S). En cambio, para los márgenes transcurrente, mixto y activo adyacentes al sur patagónico, sector insular y Arco de Scotia, se los mantiene por el momento como una región única dada la complejidad de los rasgos morfosedimentarios y la carencia, en muchas áreas, de trabajos con suficiente detalle como para poder diferenciar sectores con características propias.

**Región del noreste bonaerense (36–38°S).** Este ámbito está dominado por grandes sistemas de cañones submarinos (Río de la Plata y Mar del Plata), entre



**Figura 5.** Zonación del Margen Continental Argentino en función de los principales procesos marinos profundos actuantes, y Sistemas Deposicionales Contorníticos (recopilados de Cunningham *et al.* 2002; Pudsey y Howe, 2002; Rebesco *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2003, 2006, 2010; Koenitz *et al.*, 2008; Hernández Molina *et al.*, 2009; Rovira *et al.*, 2013; Esteban, 2013; Pérez, 2014; Pérez *et al.*, 2015). A: Región del noreste bonaerense (36-38°S); B: Región del sureste bonaerense (38-40°30'S); C: Región del norte patagónico (40°30'-42°30'S); D: Región del centro-norte patagónico (42°30'-46°S); E: Región del centro-sur patagónico (46-49°S); F: Región del sur patagónico, sector insular y Arco de Scotia (al sur de 49°S).

los cuales se interponen sistemas contorníticos (Fig. 5). Los cañones han sido originalmente mencionados por Lonardi y Ewing (1971) y Ewing y Lonardi (1971), sumándose posteriormente trabajos de más detalle en el Cañón Mar del Plata con discusiones sobre su morfología, procesos sedimentarios y posible génesis (Violante *et al.* 2010a; Krastel *et al.* 2011; Preu *et al.* 2012, 2013; Voigt *et al.* 2013, 2016; Bozzano *et al.*, este volumen). Particularmente los últimos tres autores mencionados destacaron la importancia de los cañones en la dinámica sedimentaria de la región, concretamente su influencia en los procesos involucrados con las capas nefeloides y los sistemas contorníticos. Los rasgos morfosedimentarios demuestran el predominio de procesos gravitacionales y corrientes de turbidez, con evidencias de transporte en masa en la base del talud y la emersión, esta última de gran extensión como resultado de los mismos. Los procesos gravitacionales se incrementan hacia el norte en dirección al talud de Uruguay (Franco-Fraguas *et al.*, 2014, 2016, este volumen; Hernández Molina *et al.*, 2015). Los cuerpos contorníticos presentes en la región, que están parcialmente afectados por el efecto de “trampa” sedimentaria que ejercen los cañones (Preu *et al.* 2013; Voigt *et al.* 2013, 2016), son de tipo adosados y monticulares, particularmente en la Terraza Ewing, mientras que en la Terraza Necochea tienen un carácter mixto, en transición de adosados a separados (Hernández Molina *et al.*, 2009; Preu *et al.*, 2012). El espesor total del Sistema Depositacional Contornítico en este sector alcanza entre unos 700 a 1000 m (Violante *et al.*, 2010b; Preu *et al.*, 2012), y en sus niveles superficiales está constituido por diferentes facies sedimentarias correspondientes a contornitas gravosas en los canales, y arenolimosas a fangosas en los cuerpos contorníticos, siendo la relación arena/fango el producto, al menos parcialmente, del control ejercido por las variaciones del nivel del mar (Bozzano *et al.*, 2011).

**Región del sureste bonaerense (38-40°30'S).** Predo-

minan aquí los procesos contorníticos (Hernández Molina *et al.*, 2009; Violante *et al.*, 2010b; 2012; Gruetzner *et al.*, 2016) con influencia menor de cañones submarinos y procesos gravitacionales (Fig. 5). Varios tipos de cuerpos contorníticos han sido descritos en esta región, siendo dominantes los adosados, así como otros rasgos depositacionales, erosivos y mixtos (Violante *et al.* 2010b; Bozzano *et al.*, 2011; Preu *et al.*, 2012, 2013). La configuración regional de las Terrazas La Plata y Ewing revela que ellas tienen aquí su mayor desarrollo y extensión lateral, con espesores de las secuencias contorníticas de hasta 1 km. Un sistema denso de cañones submarinos angostos que atraviesan las terrazas y pendientes del talud, aunque está subordinado a las contornitas, tiene suficiente capacidad para transportar sedimentos hacia la emersión, donde llegan a formar lóbulos turbidíticos y depósitos resultantes de transporte en masa, los cuales muestran una reorientación hacia el noreste influenciada por la acción de corrientes contorníticas profundas, originando cuerpos contorníticos mixtos separados (Hernández Molina *et al.*, 2009).

**Región del norte patagónico (40°30'-42°30'S).** Corresponde al ámbito que fuera definido como Sistema de Cañones Colorado-Negro (Lonardi y Ewing, 1971) o Bahía Blanca (Hernández Molina *et al.*, 2009) (Fig. 5). Este sistema de cañones está compuesto por al menos veinte cañones pequeños, angostos y en general de reducida expresión morfológica. Entre ellos se desarrollan cuerpos contorníticos tanto adosados como monticulares (Hernández Molina *et al.*, 2010; Gruetzner *et al.*, 2016). El espesor del sistema contornítico en este sector alcanzaría a unos 1200 m (Gruetzner *et al.*, 2012), siendo su composición predominantemente areno-fangosa. Sin embargo, a juzgar por el alto significado de los procesos depositacionales en la base del talud (Hernández Molina *et al.*, 2009; Bozzano *et al.*, 2014), la reducida extensión lateral de la Terraza Ewing y la abundancia de deslizamientos y evidencias de transporte en masa

**Figure 5.** Zonation of the Argentine Continental Margin according to the major deep marine processes acting in each zone, and Contouritic Depositional Systems (compiled after Cunningham *et al.* 2002; Pudsey and Howe, 2002; Rebesco *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2003, 2006, 2010; Koenitz *et al.*, 2008; Hernández Molina *et al.*, 2009; Rovira *et al.*, 2013; Esteban, 2013; Pérez, 2014; Pérez *et al.*, 2015). A: Región del noreste bonaerense (36-38°S); B: Región del sureste bonaerense (38-40°30'S); C: Región del norte patagónico (40°30'-42°30'S); D: Región del centro-norte patagónico (42°30'-46°S); E: Región del centro-sur patagónico (46-49°S); F: Región del sur patagónico, sector insular y Arco de Scotia (al sur de 49°S).

MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO						
Sector meridional		Sector central		Sector septentrional		
MASAS DE AGUA	TERRAZAS			TERRAZAS	MASAS DE AGUA	
CM				T0	CB = TW+SACW	
	Nágera	~ 500 m	?	~ 400 / 600 m	T1 = La Plata	Termoclina prof.
AAIW	Perito Moreno	~ 1000 m		~ 1200 / 1300 m	T2 = Ewing	AAIW
CDW	UCDW	Piedra Buena		~ 2500 m		T3
	LCDW	V. Feilberg		~ 3500 / 3800 m	~ 3500 m	T4
AABW		sin nombre		~ 5000 / 5500 m	~ 5500 m	T5

**Figura 6.** Terrazas contorníticas, sus profundidades en diferentes sectores del margen, y su relación con las masas de agua (modificado de Hernández Molina *et al.*, 2011). CM: Corriente de Malvinas. CB: Corriente de Brasil. TW: Agua Tropical. SACW: Agua Central del Atlántico Sur. AAIW: Agua Intermedia Antártica. CDW: Agua Circumpolar Profunda. UCDW: Agua Circumpolar Profunda Superior. LCDW: Agua Circumpolar Profunda Inferior. NADW: Agua Profunda del Atlántico Norte. AABW: Agua de Fondo Antártica.

**Figure 6.** Contouritic terraces, their depths in different sectors of the margin, and their relation with the water-masses (modified after Hernández Molina *et al.*, 2011). CM: Malvinas Current. CB: Brasil Current. TW: Tropical Water. SACW: South Atlantic Central Water. AAIW: Antarctic Intermediate Water. CDW: Circumpolar Deep Water. UCDW: Upper Circumpolar Deep Water. LCDW: Lower Circumpolar Deep Water. NADW: North Atlantic Deep Water. AABW: Antarctic Bottom Water.

en el talud medio (Costa *et al.*, 2014), los procesos gravitacionales parecen tener aquí un rol relevante. Particularmente, el cañón Bahía Blanca es uno de los pocos ejemplos en el MCA de un cañón que entra profundamente en la emersión y llega aún a la planicie abisal (Lonardi y Ewing, 1971), con una posible influencia significativa en los procesos sedimentarios del borde noroccidental de la Cuenca Argentina (Bozzano *et al.*, 2014).

**Región del centro-norte patagónico (42°30'-46°S).**

Se desarrolla aquí el mayor sistema de cañones submarinos del MCA (Sistemas Ameghino y Almirante Brown, Fig. 5), los cuales fueron descritos por Lonardi e Ewing (1971), Rossello *et al.* (2005), Lastras *et al.* (2011) y Muñoz *et al.* (2012). Su particularidad es que se extienden perpendiculares al talud en sus sectores superior y medio, pero en el talud medio-inferior cambian drásticamente adquiriendo una orientación en dirección norte paralela a las isobatas, modificando así su curso en casi 90°. En el Sistema Ameghino (entre 43°20'y 44°20'S) ese cambio ocurre a profundidades de 2000-2500 m, donde un canal oblicuo respecto a las isobatas colecta las secciones superiores de los valles de los cañones. A los 3500 m aquel canal vuelve a dirigirse transversalmente

a las isobatas alcanzando los 5000 m a los 43°40'S, en el sitio que es considerado no solamente la salida del cañón Ameghino sino también la del Sistema Almirante Brown. En el caso de este último, un gran canal corre en forma subparalela a las isobatas a profundidades mayores a 3300 m, colectando los valles que bajan del talud superior. Aquel gran canal representa, en su extremo sur, la continuación de un canal contornítico (Canal Keninek, Hernández Molina *et al.*, 2009), mientras que el extremo norte del canal se une a la salida del Sistema Ameghino a 43°40'S. Todos estos cañones fluyen hacia el sector suroccidental de la llanura abisal en la Cuenca Argentina. Aunque se han considerado factores tectónicos para explicar los abruptos cambios de dirección en el sector medio de estos cañones (Rossello *et al.*, 2005), recientes interpretaciones indican la influencia dominante de fuertes corrientes longitudinales de carácter contornítico que habrían afectado y distorsionado los efectos de los procesos gravitacionales formadores de los valles originales (Hernández Molina *et al.* 2009; Lastras *et al.*, 2011; Muñoz *et al.*, 2012). Ya Lonardi e Ewing (1971) habían hipotetizado que fuertes corrientes paralelas a las isobatas podrían haber ejercido su influencia en la orientación de la parte media de los

cañones. En los sectores donde se reconocen cuerpos contorníticos asociados a los cañones, Gruetzner *et al.* (2011, 2012) describieron su estructura, los cuales son predominantemente adosados con espesores que llegarían a 1600 m.

**Región del centro-sur patagónico (46-49°S).** En la región más austral del margen pasivo, los rasgos morfosedimentarios dominantes son extensos cuerpos contorníticos que modelan terrazas a profundidades crecientes; las ya mencionadas Nágera, Perito Moreno, Piedrabuena y Valentín Feilberg (Hernández Molina *et al.*, 2009, 2010, 2011; Gruetzner *et al.*, 2011; Isola *et al.*, este volumen). Las terrazas más profundas conforman también la estructura de la emersión (Fig. 5), de manera que ésta está constituida allí más por depósitos contorníticos que por típicos depósitos gravitacionales de pie de talud. Esos cuerpos contorníticos son principalmente adosados, aunque en la Terraza Valentín Feilberg (la más profunda) dominan los monticulares (Gruetzner *et al.*, 2012). El espesor del Sistema Depositacional Contornítico en esta región es el mayor encontrado en el margen pasivo, alcanzando entre 1500 y 2000 m (Hernández Molina *et al.*, 2009; Gruetzner *et al.*, 2011). Los cañones submarinos en el área (que corresponden al Sistema Patagonia o Deseado descrito por Lonardi y Ewing, 1971) son angostos y pequeños, y algunos de ellos convergen hacia la Escarpa de Malvinas.

**Región del sur patagónico, sector insular y Arco de Scotia (al sur de 49°S).** Los ámbitos del talud y emersión en los márgenes transcurrente y mixto presentan características morfosedimentarias muy variadas, en función de los abruptos cambios de relieve dados por la morfología propia de la región y la complejidad del sistema oceanográfico. En el caso de los procesos gravitacionales, estos parecen ser más importantes en las pendientes abruptas del talud, en vez de encauzarse en cañones submarinos. Numerosos cuerpos contorníticos han sido descritos en estos márgenes (Cunningham *et al.*, 2002; Pudsey y Howe, 2002; Rebesco *et al.*, 2002; Maldonado *et al.*, 2006, 2010; Koenitz *et al.*, 2008; Rovira *et al.*, 2013; Esteban, 2013; Pérez, 2014; Pérez *et al.*, 2015), muchos de ellos desarrollados en los taludes, aunque otros están localizados en pasajes estrechos situados entre los relieves más elevados así como en las áreas más profundas donde las principales corrientes se

encauzan para pasar desde el Mar de Scotia hacia el sector suroccidental del Mar Argentino. Esos pasajes y canales profundos están localizados entre Isla de los Estados, Banco Burdwood, Banco Davies, Banco Aurora, Rocas Cormorán, Islas Georgias e Islas Sandwich del Sur, como también en el Surco de Malvinas y entre las Islas Malvinas y el Banco Ewing, y al oriente de éste (Fig. 5).

En la Fosa de Malvinas se han descrito variadas morfologías. Koenitz *et al.* (2008) mencionaron, inmediatamente al sur de las Islas Malvinas, cuerpos adosados y laminares en las áreas más abiertas en transición a la Meseta de Malvinas, y elongados y confinados relacionados a canales en los ámbitos más restringidos y pasajes angostos y profundos. El espesor total de esos cuerpos contorníticos llegaría a unos 600 m. Baristean *et al.* (2013) también hicieron referencia a esos cuerpos en la región. Por su parte, Cunningham *et al.* (2002) mapearon cuerpos contorníticos aislados, elongados y monticulares en los sectores más orientales, profundos y confinados de la fosa, donde las litologías son areno-fangosas con alto contenido biogénico (se mencionan fangos diatomáceos) y presencia importante de hemipelagitas. Hacia las regiones más orientales los cuerpos contorníticos son arenosos y en parte constituyen arenas biogénicas con muy abundantes foraminíferos. Su composición arenosa señala en ese lugar corrientes más energéticas que en sectores más someros o fuera de la fosa. En la parte más profunda de la Fosa de Malvinas los cuerpos contorníticos alcanzan espesores de hasta 1200 m.

En el sector oriental del Mar de Scotia (Fig. 5), Pudsey y Howe (2002) describieron numerosos cuerpos contorníticos localizados en sectores reducidos y parcialmente confinados, en general adosados y separados, formados por sedimentos finos fangosos con alto contenido biogénico. Su espesor llegaría a los 500 m. En las áreas entre cuerpos contorníticos son abundantes los depósitos gravitacionales, de deslizamientos y flujos de detritos, así como canales erosivos. En estaciones de correntómetros situadas en algunos de esos cuerpos, aquellos autores midieron velocidades de corrientes de hasta 20 cm/seg, con extremos de hasta 40 cm/seg, posiblemente resultantes estos últimos de corrientes bentónicas. El promedio máximo de velocidad medida fue de 12,5 cm/seg, valor compatible con las granulometrías y morfologías de los cuerpos contorníticos. En aquel trabajo se ilustran fotografías del fondo que muestran

las óndulas asimétricas producidas por corrientes en alguno de los cuerpos contorníticos monticulares.

En el sector noroccidental del Mar de Scotia, inmediatamente al sureste de Tierra del Fuego (Fig. 5), Pérez *et al.* (2015) describieron diversos cuerpos contorníticos elongados y monticulares en el talud, que pasan a laminares en las áreas más profundas y abiertas, así como otros también monticulares en pasajes confinados entre altos estructurales y elevaciones del fondo. En otras regiones del Mar de Scotia, Maldonado *et al.* (2003, 2010) también mencionaron cuerpos contorníticos adosados en los márgenes del talud y laminares a elongados en las áreas más profundas y planas de esa región.

### CONSIDERACIONES FINALES

El progreso en el conocimiento científico sobre procesos sedimentarios en el talud y emersión del Margen Continental Argentino (MCA) ha tenido un gran avance en años recientes, cuando se evolucionó de un modelo gravitacional a otro donde las corrientes de fondo de carácter geostrófico y termohalino tienen un papel preponderante.

La recopilación de la información existente hasta el momento sobre cuerpos contorníticos del MCA revela dos áreas mayores con características diferentes. En el margen pasivo se extiende un Sistema Depositacional Contornítico muy extenso en áreas marinas abiertas, constituido por variados rasgos depositacionales, erosivos y mixtos resultantes de la acción de corrientes de fondo, con variadas morfologías (adosados, elongados, monticulares, laminares) según el lugar y las condiciones de formación. Esos rasgos interactúan con otros resultantes de procesos gravitacionales tanto encauzados en cañones submarinos como en las pendientes más abruptas del talud. En general, el espesor de los cuerpos contorníticos es mayor en el sector sur del margen pasivo que en el norte, posiblemente por efecto, en esa región, de la mayor dinámica de las corrientes profundas que los modelan y que son capaces aún de formar cuerpos contorníticos en la emersión.

En los márgenes transcurrente, mixto y activo, por su parte, a pesar que las corrientes de origen antártico tienen allí gran dinámica por su cercanía a sus áreas de origen, los cuerpos contorníticos son de extensión más reducida y en general de menor espesor, ya que se localizan en áreas limitadas del

talud y en depresiones y pasajes entre altos estructurales y elevaciones del fondo, donde las corrientes se encauzan y adquieren velocidades suficientes para su formación. Esos cuerpos se manifiestan aquí como rasgos predominantemente confinados con variadas morfologías. Los procesos gravitacionales en esta región son más extensivos a lo largo de las pendientes del talud y no están tan concentrados en cañones submarinos.

Este avance en el conocimiento, basado en la nueva interpretación asociada a la formación de depósitos contorníticos donde antes se describían únicamente procesos gravitacionales, no es únicamente un paso adelante en la Geología y Sedimentología Marina, sino también en el campo de la Oceanografía Física. La comprensión de los procesos oceanográficos que condicionan la sedimentación marina es un aporte que también comienza a ser de relevancia para el conocimiento geológico. En este sentido, los depósitos contorníticos guardan las evidencias sedimentarias, faunísticas y estructurales que sirven para las reconstrucciones paleoambientales y paleoceanográficas, éstas a su vez estrechamente vinculadas a las paleoclimáticas.

Se desarrolla entonces un campo nuevo de investigación en el país, la visión conjunta e interrelacionada entre procesos sedimentarios y oceanográficos que permitirá evaluar y cuantificar los procesos sedimentarios en función de la dinámica oceánica de fondo. Esta novedosa aproximación abre las puertas a una muy actualizada visión no solamente del conocimiento científico, sino también de la evaluación de los recursos naturales, cuya futura etapa exploratoria deberá considerar aspectos multi e interdisciplinarios como el conocimiento de tipos y movilidad de los sedimentos del fondo marino, procesos generadores longitudinales (contorníticos) y transversales (gravitacionales), dinámica sedimentaria en el lecho oceánico y en las masas de agua, áreas de inestabilidades del suelo y subsuelo, corrientes profundas y su acción sobre el fondo, así como sus propiedades físicas (velocidad, temperatura, salinidad), etc., además con aplicación directa en el campo del riesgo geológico en el ambiente marino.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. F. Javier Hernández Molina (Departamento de Ciencias de la Tierra de

la Universidad Royal Holloway de Londres) por la lectura crítica y el aporte de valiosísimos comentarios que ayudaron a mejorar substancialmente este trabajo. A los revisores, Dra. Gemma Ercilla (Instituto de Ciencias Marinas de Barcelona, España) y otro anónimo, así como a los Editores de LAJSBA, Dres. E. Schwarz y D. Cuadrado, y a los Editores Invitados, Dres. L. Burone (Universidad de la República, Montevideo, Uruguay) y M. Mahiques (Instituto Oceanográfico de San Pablo, Brasil), por las críticas, recomendaciones y sugerencias que sirvieron para lograr el resultado final expresado en esta contribución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arhan, M., K.J. Heywood y B.A. King, 1999. The deep waters from the Southern Ocean at the entry to the Argentine Basin. *Deep-Sea Research II* 46:475-499.
- Arhan, M., X. Carton, A. Piola y W. Zenk, 2002a. Deep lenses of circumpolar water in the Argentine Basin. *Journal of Geophysical Research* 107: C1. DOI: 10.1029/2001JC000963.
- Arhan, M., A.C. Naveira Garabato, K. Heywood y D.P. Stevens, 2002b. The Antarctic Circumpolar Current between the Falkland Islands and South Georgia. *Journal of Physical Oceanography* 32:1914-1931.
- Arhan, M., H. Mercier e Y.H. Park, 2003. On the deep water circulation of the eastern South Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 50:889-916.
- Baristead, N., Z. Anka, R. di Primio, J.F. Rodriguez, D. Marchal y F. Dominguez, 2013. New insights into the tectono-stratigraphic evolution of the Malvinas Basin, offshore of the southernmost Argentinean continental margin. *Tectonophysics* 604:280-295.
- Bearmon, G., 1989. *Ocean chemistry and deep-sea sediments*. The Open University, Pergamon, Oxford, 134 pp.
- Berger, W.H. y G. Wefer, 1996. Central themes of South Atlantic Circulation. En G. Wefer, W.H. Berger, G. Siedler y D.J. Webb (Eds.), *The South Atlantic, Present and Past Circulation*. Springer-Verlag:1-11.
- Bianchi, A.A., C.F. Giulivi y A.R. Piola, 1993. Mixing in the Brazil-Malvinas confluence. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 40:1345-1358.
- Bianchi, C. y R. Gersonde, 2002. The Southern Ocean surface between Marine Isotope Stages 6 and 5d: Shape and timing of climate changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 187:151-177.
- Biscaye, P.E. y S. Eitrem, 1977. Suspended particulate loads and transports in the nepheloid layer of the abyssal Atlantic Ocean. *Marine Geology* 23:155-172.
- Boebel, O., R.E. Davis, M. Ollitrault, R.G. Peterson, P.L. Richardson, C. Schmid y W. Zenk, 1999. The intermediate depth circulation of the western South Atlantic. *Geophysical Research Letters* 26:21.
- Bozzano, G., R.A. Violante y M.E. Cerredo, 2011. Middle slope contourite deposits and associated sedimentary facies off NE Argentina. *Geo-Marine Letters* 31:495-507.
- Bozzano, G., J.L. Cavallotto y R.A. Violante, 2014. Los sedimentos arenosos de la Cuenca Argentina en su sector Occidental, entre Bahía Blanca y Mar del Plata. *XIX Congreso Geológico Argentino*, Resúmenes:S12-8, Córdoba.
- Bozzano, G., J. Martín, D.V. Spoltore y R.A. Violante, este volumen. Los cañones submarinos del Margen Continental Argentino: génesis y dinámica sedimentaria. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 24: este volumen.
- Bryden, H.L. y S. Imawaki, 2001. Ocean heat transport. En G. Siedler, J. Church y J. Gould (Eds.), *Ocean Circulation and Climate*. Elsevier, New York:495-474.
- Carter, L. y G. Cortese, 2009. Change in the Southern Ocean: responding to Antarctica. En J. Brigham-Grette, R. Powell, L. Newman y T. Kiefer (Eds.), *PAGES News: change at the Poles, a paleoscience perspective*. IGBP-PAGES (Past Global Changes), PAGES International Project Office 17:30-32.
- Carter, L., I.N. McCave y M.J.M. Williams, 2008. Circulation and water masses of the Southern Ocean: a review. En F. Florindo y M. Sievert (Eds.), *Antarctic climate evolution*. Elsevier, Amsterdam:85-114.
- Cavallotto, J.L., R.A. Violante y F.J. Hernández Molina, 2011. Geological aspects and evolution of the Patagonian continental margin. *Biological Journal of the Linnean Society* 103:346-362.
- Coren, F., G. Ceccone, E. Lodolo, C. Zanolla, N. Zitellini, C. Bonazzi y J. Centonze, 1997. Morphology, seismic structure and tectonic development of Powell Basin, Antarctica. *Journal of the Geological Society* 154:849-862.
- Costa, I.P., R.A. Violante, C.M. Paterlini, T. Schwenk y G. Bozzano, 2014. Deslizamientos submarinos en el talud continental adyacente al Sur bonaerense. *XIX Congreso Geológico Argentino*, Resúmenes:S18-4, Córdoba.
- Cunningham, A.P., J.A. Howe y P.F. Barker, 2002. Contourite sedimentation in the Falkland Trough, western South Atlantic. En D.A.V. Stow, C.J. Pudsey, J.A. Howe, J.-C. Faugères y A.R. Viana (Eds.), *Deep-Water Contourite Systems: modern drifts and ancient series, Seismic and Sedimentary characteristics*. The Geological Society of London, Memoir 22:337-352.
- Emery, K.O. y E. Uchupi, 1984. *The geology of the Atlantic Ocean*. Springer-Verlag, New York, Inc., 1050 pp.
- Esteban, F., 2013. *Estudio Geofísico-Geológico del subsuelo del segmento noroccidental de la Dorsal Norte de Scotia, Argentina*. Tesis Doctoral Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias Geológicas, 303 pp (inédito).
- Ewing, M., 1965. The sediments of the Argentine Basin. *Quaternary Journal Astronomical Society* 6:10-27.
- Ewing, M. y J.I. Ewing, 1965. *The sediments of the Argentine Basin*. Symp. Oceanography Western South Atlantic. Ann. Academia Brasileira Ciências 37, Suppl.:31-61.
- Ewing, M. y A. Lonardi, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 5: Sedimentary structure of the Argentine Margin, basin and related provinces. En L.H. Ahrens, F. Press, S.K. Runkorn y H.C. Urey (Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth*. Pergamon Press, Londres 8:125-249.
- Ewing, M., W.J. Ludwig y J. Ewing, 1964. Sediment distribution in the Oceans: the Argentine Basin. *Journal of Geophysical Research* 69:2003-2032.
- Ewing, M., S.L. Eitrem, J.I. Ewing, J.I. y X. Le Pichon, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 3: Nepheloid layer and processes of sedimentation. En L.H. Ahrens, F. Press, S.K. Runkorn y H.C. Urey (Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth*. Pergamon Press, Londres 8:49-78.
- Franco-Fraguas, P., L. Burone, M. Mahiques, L. Ortega, C. Urien, A. Muñoz, G. López, Y. Marin, A. Carranza, N. Lahuerta y C. de Mello, 2014. Hydrodynamic and geomorphological

- controls on surface sedimentation at the Subtropical Shelf Front / Brazil-Malvinas Confluence transition off Uruguay (Southwestern Atlantic Continental Margin). *Marine Geology* 349:24-36.
- Franco-Fraguas, P., L. Burone, M. Mahiques, L. Ortega y A. Carranza**, 2016. Modern sedimentary dynamics in the Southwestern Atlantic Contouritic Depositional System: New insights from the Uruguayan margin based on a geochemical approach. *Marine Geology* 376:15-25.
- Franco-Fraguas, P., L. Burone, C. Goso, A. Carranza, F. Scarabino, L. Ortega, A. Muñoz y M. Mahiques**, este volumen. Sedimentary processes in the head of the Cabo Polonio mega slide canyon (Southwestern Atlantic Margin off Uruguay). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 24: este volumen.
- Franke, D., S. Neben, B. Ladage, B. Schreckenberge y K. Hinz**, 2007. Margin segmentation and volcano-tectonic architecture along the volcanic margin off Argentina/Uruguay, South Atlantic. *Marine Geology* 244:46-67.
- Franke, D., B. Ladage, M. Schnabel, B. Schreckenberger, C. Reichert, K. Hinz, C.M. Paterlini, J. de Abelleira y M. Siciliano**, 2010. Birth of a volcanic margin off Argentina, South Atlantic. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 11:Q0AB04. DOI: 10.1029/2009GC002715.
- Frenz, M., R. Höppner, J.-B.W. Stuu, T. Wagner y R. Henrich**, 2004. Surface sediment bulk geochemistry and grain-size composition related to the oceanic circulation along the South American Continental Margin in Southwest Atlantic. En G. Wefer, S. Mulitza y V. Ratmeyer (Eds.), *The South Atlantic in the Late Quaternary*. Springer-Verlag, New York:347-373.
- García Chaporí, N.**, 2015. Reconstrucción paleoceanográfica del talud bonaerense a partir de testigos cuaternarios. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires, 203 pp. (inédito).
- GeoMapApp**, 2013. *Marine Geoscience Data System*, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, USA. <http://www.geomapp.org>.
- Gilbert, I.M., C.J. Pudsey y J.W. Murray**, 1998. A sediment record of cyclic bottom current variability from the northwest Weddell Sea. *Sedimentary Geology* 115:185-214.
- Gruetznier, J., G. Uenzelmann-Neben y D. Franke**, 2011. Variations in bottom water activity at the southern Argentine margin: indications from a seismic analysis of a continental slope terrace. *Geo-Marine Letters* 31:405-417.
- Gruetznier, J., G. Uenzelmann-Neben y D. Franke**, 2012. Variations in sediment transport at the Argentina Continental Margin during the Cenozoic. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13:1-15. Q10003, DOI: 10.1029/2012GC004266.
- Gruetznier, J., G. Uenzelmann-Neben y D. Franke**, 2016. Evolution of the northern Argentine margin during the Cenozoic controlled by bottom current dynamics and gravitational processes. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. DOI: 10.1002/2015GC006232.
- Hastenrath, S.**, 1982. On meridional heat transport in the World Ocean. *Journal of Physical Oceanography* 12:922-927.
- Heezen, B.**, 1973. Turbidity currents. En M.N. Hill (Ed.), *The Sea, vol 3: The Earth beneath the Sea, History*. Interscience Publication:742-775.
- Heezen, B.**, 1974. Atlantic-Type continental margins. En C.A. Burk y C.L. Drake (Eds.), *The Geology of Continental Margins*. Springer Verlag, New York:13-24.
- Heezen, B.C. y C.D. Hollister**, 1964. Deep sea current evidence from abyssal sediments. *Marine Geology* 1:141-174.
- Heezen, B.C. y M. Tharp**, 1961. *Physiographic diagram of the South Atlantic Ocean, the Caribbean Sea, the Scotia Sea, and the eastern margin of the South Pacific Ocean*. Geological Society of America, New York, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Contrib. 515.
- Henrich, R., K.-H. Baumann, M. Gerhardt, M. Gröger y A. Volvers**, 2003. Carbonate preservation in deep and intermediate water masses in the South Atlantic: Evaluation and geological record (A review). En G. Wefer, S. Mulitza y V. Ratmeyer (Eds.), *The South Atlantic in the Late Quaternary: Reconstruction of material budgets and currents systems*. Springer-Verlag, Berlin:645-670.
- Hernández Molina, F.J., C.M. Paterlini, R.A. Violante, P. Marshall, M. de Isasi, L. Somoza y M. Rebesco**, 2009. Contourite depositional system on the Argentine slope: An exceptional record of the influence of Antarctic water masses. *Geology* 37:507-510.
- Hernández Molina, F.J., C.M. Paterlini, L. Somoza, R.A. Violante, M.A. Arecco, M. de Isasi, M. Rebesco, G. Uenzelmann-Neben, S. Neben y P. Marshall**, 2010. Giant mounded drifts in the Argentina Continental Margin: Origins, and global implications for the history of thermohaline circulation. *Marine and Petroleum Geology* 27:1508-1530.
- Hernández Molina, F.J., B. Preu, R.A. Violante, A.R. Piola y C.M. Paterlini**, 2011. Las terrazas contorníticas en el margen continental Argentino: implicaciones morfosedimentarias y oceanográficas. *Geogaceta* 50:145-148.
- Hernández Molina, F.J., M. Soto, A.R. Piola, J. Tomasini, B. Preu, P. Thompson, G. Badalini, A. Creaser, R.A. Violante, E. Morales, C.M. Paterlini y H. De Santa Ana**, 2015. A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications. *Marine Geology* 378:333-349.
- Hinz, K., S. Neben, B. Schreckenberger, H.A. Roeser, M. Block, K. Gonzalez de Souza y H. Meyer**, 1999. The Argentina Continental Margin north of 48°S: sedimentary successions, volcanic activity during breakup. *Marine and Petroleum Geology* 16:1-25.
- Hollister, C.D.**, 1967. *Sediment distribution and deep circulation in the western North Atlantic*. PhD Thesis, Columbia University, New York.
- Hsü, K.J.**, 2008. Personal Reminiscences on the History of Contourites. En M. Rebesco y A. Camerlenghi (Eds.), *Contourites*. Elsevier, Amsterdam, Developments in Sedimentology 60:11-18.
- Isola, J.I., A.A. Tassone, F.D. Esteban, R.A. Violante, M.J.F. Haller y G. St-Onge**, este volumen. Sismoestratigrafía y evolución cenozoica de un sector de las Terrazas Nágera y Perito Moreno, Margen Continental Argentino Patagónico. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 24: este volumen.
- King, E.C., G. Leitchenkov, J. Galindo-Zaldivar, A. Maldonado y E. Lodolo**, 1997. Crustal structure and sedimentation in Powell Basin. *AGU, Antarctic Research Series* 71:75-93.
- Koenitz, D., N. White, I.N. McCave y R. Hobbs**, 2008. Internal structure of a contourite drift generated by the Antarctic Circumpolar Current. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 9:Q06012. DOI: 10.1029/2007GC001799.
- Krastel, S., G. Wefer, T.J.J. Hanebuth, A.A. Antobreh, T. Freudenthal, B. Preu, T. Schwenk, M. Strasser, R.A. Violante, D. Winkelmann y M78-3 shipboard scientific party**, 2011. Sediment Dynamics and Geohazards offshore Uruguay and Northern Argentina: First Results from the multi-disciplinary

- Meteor-Cruise M78-3. *GeoMarine Letters* 31:271-283.
- Lastras, G., J. Acosta, A. Muñoz y M. Canals**, 2011. Submarine canyon formation and evolution in the Argentina Continental Margin between 44°30'S and 48°S. *Geomorphology* 128:116-136.
- Lawver, L.A. y L.M. Gahagan**, 2003. Evolution of Cenozoic seaways in the circum-Antarctic region. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 198:11-37.
- Lawver, L.A., T. Williams y B. Sloan**, 1994. Seismic stratigraphy and heat flow of Powell Basin. *Terra Antarctica* 1:309-310.
- Le Pichon, X., M. Ewing y M. Truchan**, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin: 2. Antarctic Bottom Current passage into the Brazil Basin. En L.H. Ahrens, F. Press, S.K. Runkorn y H.C. Urey (Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth*. Pergamon Press, Londres 8:29-48.
- Leat, P.T., J.L. Smellie, I.L. Millar y R.D. Larter**, 2003. Magmatism in the South Sandwich Arc. En R.D. Larter y P.T. Leat (Eds.). *Intra-oceanic subduction systems: tectonic and magmatic processes*. Geological Society of London, Special Publication 219:285-313.
- Livermore, R., G. Eagles, P. Morris y A. Maldonado**, 2004. Shackleton Fracture Zone: No barrier to early circumpolar ocean circulation. *Geology* 32:797-800.
- Lonardi, A. y M. Ewing**, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. En L.H. Ahrens, F. Press, S.K. Runkorn y H.C. Urey (Eds.), *Physics and Chemistry of the Earth*. Pergamon Press, Londres 8:253-264.
- Maldonado, A., A. Barnolas, F. Bohoyo, J. Galindo-Zaldívar, F.J. Hernández-Molina, F. Lobo, J. Rodríguez-Fernández, L. Somoza y J.T. Vázquez**, 2003. Contourite deposits in the central Scotia Sea: the importance of the Antarctic Circumpolar Current and the Weddell Gyre flows. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 198:187-221.
- Maldonado, A., A. Barnolas, F. Bohoyo, C. Escutia, J. Galindo-Zaldívar, F.J. Hernández Molina, A. Jabaloy, F.J. Lobo, C.H. Nelson, J. Rodríguez-Fernández, L. Somoza, E. Suriñach y J.T. Vázquez**, 2006. Seismic stratigraphy of Miocene to Recent sedimentary deposits in the Central Scotia Sea and Northern Weddell Sea: Influence of bottom flows (Antarctica). *Contribution to Global Earth Sciences*. Springer-Verlag, New York:441-446.
- Maldonado, A., F. Bohoyo, J. Galindo-Zaldívar, F.J. Hernández Molina, F.J. Lobo, Y. Martos-Martin y A.A. Schreider**, 2010. Cenozoic growth patterns and paleoceanography of the ocean basins near the Scotia-Antarctic plate boundary. *Bollettino di Geofisica teorica ed applicata* 51 (Supplement):227-231.
- Maldonado, A., A. Costa, M. García, F.J. Lobo, Y. Martos-Martin, L.F. Pérez, E. Puga, F. Bohoyo, D. Casas, F.J. González, R. Leon, T. Medialdea, L. Somoza, J. Galindo-Zaldívar, M. Larrad Revuelto, J. Rey Díaz de Rada, G. Bozzano, M.E. Elizondo, F.D. Esteban y M. Pelzmajer**, 2013. Dredged rock samples from the southwestern Scotia Sea (SCAN 2013): remnants from the South America-Antarctic continental bridge. *Bollettino di Geofisica teorica ed applicata* 54 (Supplement 2):330-333.
- Mata, J.L., M. Campos, E. Basso, R.H. Compagnucci, P. Fearnside, G. Magrin, J. Marengo, A.S.R. Moreno, A. Suárez, S. Solman, A. Villamizar, L. Villers, F. Argenal, C. Artigas, M. Cabildo, J.O. Codignotto, U. Confalonieri, V. Magaña, B. Morales-Arnao, O. Oropeza, J. Pabón, J. Paz, O. Paz, F. Picado, G. Poveda, J. Tarazona y W. Vargas**, 2001. "Latin America". En J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken y K.S. White (Eds.), *Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the 3<sup>rd</sup> Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge:693-734.
- Matano, R.P., E.D. Palma y A.R. Piola**, 2010. The influence of the Brazil and Malvinas Currents on the southwestern Atlantic shelf circulation. *Ocean Sciences Discussion* 7:1-35.
- Mc.Cave, I.N.**, 2002. Charles David Hollister, 1936-1999: a personal scientific appreciation of the father of "contourites". En D.A.V. Stow, C.J. Pudsey, J.A. Howe, J.-C. Faugères y A.R. Viana, (Eds.). *Deep-Water Contourite Systems: modern drifts and ancient series, Seismic and Sedimentary characteristics*. The Geological Society of London, Memoir 22:1-5.
- Mohriak, W.U., B.R. Rosendahl, J.P. Turner y S.C. Valente**, 2002. Crustal Architecture of South Atlantic volcanic margins. En M.A. Menzies, S.L. Klemperer, C.J. Ebinger y J. Baker (Eds.), *Volcanic Rifted Margins*. Geological Society of America, Boulder Colorado, Special Paper 362:159-202.
- Mouzo, F.**, 1982. Geología Marítima y Fluvial. En L.H. Destefani (Ed.), *Historia Marítima Argentina*. Cuántica Editora, Buenos Aires 1:44-117.
- Munk, W.H. y C. Wunsch**, 1998. Abyssal recipes II: Energetics of tidal and wind mixing. *Deep-Sea Research* 45:1977-2010.
- Muñoz, A., J. Cristobo, P. Rios, M. Druet, V. Polonio, E. Uchupi, J. Acosta y Atlantis Group**, 2012. Sediment drifts and cold-water coral reefs in the Patagonian upper and middle continental slope. *Marine and Petroleum Geology* 36:70-82.
- Parker, G., R.A. Violante y C.M. Paterlini**, 1996. Fisiografía de la Plataforma Continental. En V.A. Ramos y M.A. Turic, (Eds.). *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina-Instituto Argentino del Petróleo, Relatorio:1-16.
- Parker, G., C.M. Paterlini y R.A. Violante**, 1997. El fondo marino. En E. Boschi (Ed.), *El Mar argentino y sus Recursos Pesqueros*. INIDEP, Mar del Plata 1:65-87.
- Pelayo, A.M. y D.A. Wiens**, 1989. Seismotectonics and relative plate motion in the Scotia Sea region. *Journal of Geophysical Research* 94:7293-7320.
- Pérez, L.F.**, 2014. Onset and evolution of the Scotia Sea basins, Antarctica: tectonic, sedimentary and paleoceanographic implications. PhD Thesis, Universidad de Granada, España, 389 pp.
- Pérez, L.F., F.J. Hernández Molina, F.D. Esteban, A. Tassone, A.R. Piola, A. Maldonado, B. Preu, R.A. Violante y E. Lodolo**, 2015. Erosional and depositional contourite features at the transition between the western Scotia Sea and southern South Atlantic Ocean: links with regional water-mass circulation since the Middle Miocene. *Geo-Marine Letters* DOI: 10.1007/s00367-015-0406-6.
- Piola, A.R. y A.L. Gordon**, 1989. Intermediate waters in the southwest South Atlantic. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 36:1-16.
- Piola, A.R. y R.P. Matano**, 2001. Brazil and Falklands (Malvinas) currents. *Ocean Currents: A Derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences*:35-43.
- Preu, B., T. Schwenk, F.J. Hernández Molina, R.A. Violante, C.M. Paterlini, S. Krastel, J. Tomasini y V. Spieß**, 2012. Sedimentary growth pattern on the northern Argentine slope: The impact of North Atlantic Deep Water on southern hemisphere slope architecture. *Marine Geology* 329-331:113-125.
- Preu, B., F.J. Hernández Molina, R.A. Violante, A.R. Piola**

- C.M. Paterlini, T. Schwenk, I. Voigt, S. Krastel y V. Spieß, 2013. Morphosedimentary and hydrographic features of the northern Argentine margin: the interplay between erosive, depositional and gravitational processes and its conceptual implications. *Deep-Sea Research* 75:157-174.
- Pudsey, C.J. y J.A. Howe**, 1998. Quaternary history of the Antarctic Circumpolar current: evidence from the Scotia Sea. *Marine Geology* 148:83-112.
- Pudsey, C.J. y J.A. Howe**, 2002. Mixed biosiliceous-terrigenous sedimentation under Antarctic Circumpolar Current, Scotia Sea. En D.A.V. Stow, C.L. Pudsey, J.A. Howe, J.-C. Faugères y A.R. Viana (Eds.), *Deep-Water Contourite Systems: modern drifts and ancient series, Seismic and Sedimentary characteristics*. The Geological Society of London, Memoir 22:325-336.
- Pudsey, C.J., P.F. Barker y N. Hamilton**, 1988. Weddell Sea abyssal sediments: a record of Antarctic Bottom Water flow. *Marine Geology* 81:289-314.
- Ramos, V.A.**, 1996. Evolución tectónica de la plataforma continental. En V.A. Ramos y M.A. Turic, (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina. XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina-Instituto Argentino del Petróleo, Relatorio:405-422.
- Rebesco, M. y A. Camerlenghi**, 2008. *Contourites*. Elsevier, Amsterdam, *Developments in Sedimentology* 60, 770 pp.
- Rebesco, M., C. Pudsey, M. Canals, A. Camerlenghi, P. Barker, F. Estrada y A. Giorgetti**, 2002. Sediment drift and deep-sea channel systems, Antarctic Peninsula Pacific Margin. En D.A.V. Stow, C.L. Pudsey, J.A. Howe, J.-C. Faugères y A.R. Viana (Eds.), *Deep-Water Contourite Systems: modern drifts and ancient series, Seismic and Sedimentary characteristics*. The Geological Society of London, Memoir 22:353-371.
- Rebesco, M., F.J. Hernández Molina, D. Van Rooij y A. Wåhlin**, 2014. Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations. *Marine Geology* 352:111-154.
- Reid, J.L., W.D. Nowlin Jr y W.C. Patzert**, 1977. On the characteristics and circulation of the southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography* 7:62-91.
- Reineck, H.E. y I.B. Singh**, 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, Dordrecht:549 pp.
- Rossello, E.A., Y. Lagabrielle, P.R. Cobbold y P. Marshall**, 2005. Los cañones submarinos oblicuos del talud continental argentino (40° a 45° S): evidencias de inversión tectónica andina sobre el margen pasivo atlántico?. *X Simposio Nacional de Estudios Tectónicos-IV International Symposium on Tectonics* Actas:90-93, Curitiba.
- Rovira, I., A. Tassone y F. Esteban**, 2013. Morpho-sedimentary features of the south-western Scotia Sea. *Bollettino di Geofisica teorica ed applicata* 54 (Suppl. 2):343-344.
- Saunders, P.M. y B.A. King**, 1995. Oceanic fluxes on the WOCE A11 section. *Journal of Physical Oceanography* 25:1942-1958.
- Schmittner, A., J.C.H. Chiang y S.R. Hemming**, 2007. Introduction: The Ocean's Meridional Overturning Circulation. En: *Ocean Circulation: Mechanisms and Impacts*. American Geophysical Union, *Geophysical Monograph Series* 173. DOI 10.1029/173GM02.
- Scholle, P.A.** (Ed.), 1996. *Oceanography 1: Origins, History, Structure and Plate Tectonics, Margins, Basins, and Sediments*. Tulsa, SEPM Photo CD-3, 678 pp.
- Shanmugam, G.**, 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): deep-water processes and facies models-a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology* 17:285-342.
- Shepard, F.P.**, 1963. *Submarine Geology*, 2<sup>nd</sup> Ed. Harper & Row Publications, New York, 557 pp.
- Speich, S, B. Blanke y W. Cai**, 2007. Atlantic Meridional Overturning Circulation and the Southern Hemisphere supergyre. *Geophysical Research Letters* 34:L23614. DOI 10.1029/2007GL031583.
- Stommel, H.**, 1958. The abyssal circulation. *Deep-sea Research* 5:80-82.
- Stow, D.A.V., J.-C. Faugères, J.A. Howe, C.J. Pudsey y A.R. Viana**, 2002. Bottom currents, contourites and deep-sea sediment drifts: current state-of-the-art. En D.A.V. Stow, C.J. Pudsey, J.A. Howe, J.-C. Faugères y A.R. Viana, (Eds.), *Deep-Water Contourite Systems: modern drifts and ancient series, Seismic and Sedimentary characteristics*. The Geological Society of London, Memoir 22:7-20.
- Swallow, J.C. y L.V. Worthington**, 1957. Measurements of deep currents in the Western North Atlantic. *Nature* 179:1183.
- Talley, L. D.**, 2003. Shallow, intermediate and deep overturning components of the global heat budget. *Journal of Physical Oceanography* 33:530-560.
- Toggweiler J.R. y B.L. Samuels**, 1995. Effect of Drake Passage on the global thermohaline circulation. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 42:477-500.
- Urien, C.M. y M. Ewing**, 1974. Recent sediments and environments of Southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires and Río Negro Continental Shelf. En C. Burk y Ch. Drake (Eds.), *The Geology of Continental Margins*. Springer-Verlag, New York:157-177.
- Violante R.A., C.M. Paterlini, G. Bozzano, T.J.J. Hanebuth, M. Strasser y S. Krastel**, 2010a. Morphosedimentary characteristics and evolution of the Mar del Plata Submarine Canyon, Northern Argentina Continental Margin. *18° International Sedimentological Congress Abstracts*:907, Mendoza.
- Violante, R.A., C.M. Paterlini, I.P. Costa, F.J. Hernández Molina, L.M. Segovia, J.L. Cavallotto, S. Marcolini, G. Bozzano, C. Laprida, N. García Chapori, T. Bickert y V. Spieß**, 2010b. Sismoestratigrafía y evolución geomorfológica del talud continental adyacente al litoral del este bonaerense, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 17:33-62.
- Violante, R.A., G. Bozzano, J.L. Cavallotto, F.J. Hernández Molina, B. Preu, C.M. Paterlini e I.P. Costa**, 2012. Significado de los procesos contorníticos en la evolución del Margen Continental Argentino durante el Cuaternario Significado de los procesos contorníticos en la evolución del sector pasivo del Margen Continental Argentino durante el Cuaternario. *Geotemas* 13:547-550.
- Violante, R.A., I.P. Costa, J.L. Cavallotto, C.M. Paterlini, S. Marcolini y G. Bozzano**, 2014. Rasgos Morfosedimentarios, Procesos y Evolución de la Plataforma Continental Argentina desde el Último Máximo Glacial. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71:292-310.
- Violante, R.A., C. Laprida y N. García Chapori**, 2017. *The Argentina Continental Margin: a potential Paleoclimatic-Paleoceanographic archive for the Southern Ocean*. Springer Briefs in Earth System Sciences. Springer, Dordrecht, 177 pp.
- Voigt, I., R. Henrich, B. Preu, A.R. Piola, T.J.J. Hanebuth, T. Schwenk y C.M. Chiessi**, 2013. A submarine canyon as a climate archive - Interaction of the Antarctic Intermediate Water with the Mar del Plata Canyon (Southwest Atlantic). *Marine Geology* 341:46-57.
- Voigt, I., C.M. Chiessi, A.R. Piola y R. Henrich**, 2016. Holocene

changes in Antarctic intermediate water flow strength in the Southwest Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* DOI: 10.1016/j.palaeo.2016.09.018.

**Wefer, G., W.H. Berger, G. Siedler y D.J. Webb**, 1996. *The South Atlantic, Present and Past Circulation*. Springer, Dordrecht, 644 pp.

**Wefer, G., S. Mulitza y V. Rattmeyer**, 2004. *The South Atlantic in the Late Quaternary*. Springer-Verlag, New York:722 pp.

**Wüst, G.**, 1935. Die Stratosphäre. *Deutschen Atlantischen Expe-*

*dition Meteor 1925-1927*, Wiss, Erg. vol. 6 (1 -2), 288 pp.

**Wüst, G.**, 1957. Quantitative Untersuchungen zur Statik und Dynamik des Atlantischen Ozeans; Stromgeschwindigkeiten und Strommengen in den Tiefen des Atlantischen Ozeans. *Wiss. Ergebn. Deutschen Atlantischen Expedition Meteor 1925-1927*. Wiss, Erg. vol. 6, 420 pp.

**Zachos, J., M. Pagani, L. Sloan, E. Thomas y K. Billups**, 2001. Trends, rhythms and aberrations in global climate 65 Myr to Present. *Science* 292:686-693.