

LAS SECUENCIAS DEPOSITACIONALES DEL PLIOCENO-CUATERNARIO EN LA PLATAFORMA SUBMARINA ADYACENTE AL LITORAL DEL ESTE BONAERENSE

*Gerardo PARKER†, Roberto A. VIOLANTE, C. Marcelo PATERLINI, Irundo P. COSTA,
Susana I. MARCOLINI y José L. CAVALLOTTO*

Servicio de Hidrografía Naval, Departamento Oceanografía, División Geología y Geofísica Marina.
Av. Montes de Oca 2124 (C1271ABV) Buenos Aires, Argentina. E-mail: violante@hidro.gov.ar

Resumen: Se describen las características sismoestratigráficas, sedimentológicas y morfológicas del sector de plataforma submarina adyacente al este bonaerense. El trabajo se basa en los resultados obtenidos durante el desarrollo de sucesivos proyectos destinados al estudio de la cubierta sedimentaria del Plioceno-Cuaternario y reciente, utilizando metodologías de relevamiento sísmico de reflexión de media a alta resolución y muestreos de sedimentos. El sector de plataforma estudiado constituye una típica plataforma submarina silicoclástica de margen pasivo, de gran extensión y suave relieve. Su configuración morfológica está caracterizada por relieves aterrazados con una cobertura sedimentaria de depósitos arenosos relicto a palimpsestos que resultaron del retrabajamiento de sistemas costeros de playas, barreras y lagunas litorales durante el retroceso de la línea de costa como consecuencia del ascenso del nivel del mar durante la transgresión postglacial, con una etapa final de remodelado parcial durante el descenso del nivel del mar del Holoceno superior. Se diferencian dos ámbitos, la plataforma interior ("Terraza Rioplatense", entre la línea de costa y los 30/40 m de profundidad) con geoformas ajustadas a la hidrodinámica actual, y la plataforma exterior (entre la isobata de 70 m y el borde exterior de la plataforma en transición al talud), con sedimentos relicto de poca movilidad; en ambas se hallan relieves pre-transgresivos labrados en depósitos marinos y continentales del Plio-Pleistoceno que afloran bajo la cubierta sedimentaria reciente. Un escalón abrupto de 30/40 m de desnivel separa ambas plataformas. La secuencia estratigráfica estudiada está constituida por seis Secuencias Deposicionales (SD 1 a SD 6 de techo a base) que representan paquetes sedimentarios separados por discordancias. La SD 6 constituye la base de la secuencia, y corresponde a depósitos marinos del Mioceno correlacionables con las unidades costeras conocida como "Paranense-Entrerriense-Chapadmalense". La SD 5 son depósitos marinos en transición a continentales equivalentes a la Fm Barranca de los Lobos del litoral marplatense y a la unidad conocida como "Fm Puelches Equivalente" del Plioceno. La SD 4 está caracterizada por sedimentos marinos correspondientes al denominado "Interensenadense" en el litoral bonaerense, de edad aproximada a los 2,41 Ma (Plioceno superior), y se reconocen en ella diversas sismofacies de ambientes marinos, costeros y continentales con una secuencia litológica granodecreciente hacia arriba. La SD 3, marina, tiene la particularidad de tener una distribución saltuaria, a diferencia de las restantes que se extienden de manera uniforme en toda la región, lo que demuestra la ocurrencia, con posterioridad a su depositación, de importantes procesos erosivos probablemente asociados a tectónica y/o glacioeustatismo. La SD 2 representa a los depósitos marinos-costeros formados durante el estadio isotópico 5e (120 ka), que en las llanuras costeras vecinas se lo conoce como "Belgranense", y está constituida por diversas facies entre las que se destacan barreras-lagunas litorales, playas y estuarios. La SD 1 es la cobertura superficial formada durante la transgresión postglacial en ambientes de barreras-lagunas costeras-estuarios. La secuencia integrada por las SD 5 a 1 representa a las transgresiones glacioeustáticas del Plioceno-Cuaternario, con diferentes grados de preservación en la plataforma y el Río de la Plata en virtud de variantes tectónicas y morfológicas. Existe la posibilidad de que no todas las transgresiones marinas ocurridas en la región hayan quedado preservadas en el registro geológico.

EXTENDED ABSTRACT

Pliocene-Quaternary depositional sequences of the continental shelf adjacent to eastern Buenos Aires Province, Argentina

The Argentina Continental Shelf (ACS) is one of the largest and smoothest silicoclastic shelves in the world, condition that resulted from its geotectonic setting in a passive margin adjacent to a continental region with very extended and low-lying coastal plains. As a consequence, Pliocene-Quaternary glacio-eustatic sea-level fluctuations have been very important in its modelling and sedimentary characteristics.

The study area is located between 35 and 39° S, the western boundary is the coastline and the eastern boundary is around 55° W that includes the outer shelf border (Fig. 1). The research is based on middle to high-resolution seismic reflection surveys and bottom/subbottom sampling (piston cores), carried out in the context of several projects that are part of the Framework Project "Reconocimiento Geológico Geofísico del Margen Continental". The information obtained during these projects, as well as the results coming from previous projects and bibliographic compilation, allowed to gather around 4.000 km of seismic lines, 1.200 bottom samples and 92 piston cores (Fig. 2).

Morphology: The ACS shows two major features (Figs. 1 and 3): inner shelf (corresponds to Terrace I, Parker *et al.*, 1997, 1999; Violante, 2005) and outer shelf (northern part of Terrace II, Parker *et al.*, 1997; Violante, 2005). The *inner shelf* extends from the coastline (or the prodelta front in the de la Plata River outlet) to the 30/40 m isobath, and includes the "Rioplatense Terrace" (RT) which represents the surface that has been modelled during the postglacial transgression but not covered by the late Holocene coastal wedge that constitutes the coastal plains. Several lower-order features modelled by the postglacial transgressive and regressive events developed on the RT surface, as the de la Plata river delta, the linear shoals systems and the La Plata Bank (Fig. 1). On the other hand, relict features composed of semiconsolidated plio-pleistocene sediments as Punta Piedras-Alto Marítimo and Restinga de los Pescadores, are significant elements in the inner shelf morphology. The *outer shelf* is separated from the inner shelf by a high-gradient step between 40-80 m depth (outer border of RT), which becomes, south and southeast Mar del Plata, of lower relief with a rough surface cut by transverse channels and depressions.

Further east from the 80 m contourline, the outer shelf can be subdivided in two sectors: north of Querandí lighthouse it is uniformly dipping towards the shelf border, whereas in the southern part it shows a western depression (90 m depth) closer to the outer border of RT, and an eastern shoal-like elevation (75/80 m depth) near the shelf-slope transition (Fig. 3).

Sedimentology: The ACS is a silicoclastic shelf where sediment characteristics and distribution are the result of dynamic, oceanographic and climatic factors. The shelf surface is covered by a relict to palimpsestic terrigenous sandy mantle which is the remnant of reworking of the deposits that constituted ancient coastal environments (barriers, coastal lagoons, estuaries) during the coastline retreat that occurred as a result of the postglacial transgressive event as well as during the sediment redistribution during the late Holocene regressive event (Urien and Ewing, 1974; Parker and Violante, 1982; Parker *et al.*, 1999; Violante and Parker, 2000, 2004). The sandy mantle constitutes in the inner shelf a "shoal retreat massif" (in the sense of Swift, 1976) partially reworked in linear shoals systems; outcrops of the underlying plio-pleistocene substratum - partially covered by a discontinuous sheet of pebbles composed of rock fragments and caliche, beach rocks (coquinas) and sand- are common in some parts of the inner shelf. On the other hand, the outer shelf is mainly characterized by outcrops of the same substratum with minor patches of post-transgressive relict sands with a shoal-like morphology (Fig. 4).

Sediment dynamic: Coastal dynamic that influenced Holocene and recent sedimentation is the result of three main sediment transport pathways: a) from the south and southeast as a consequence of the dominant oceanic circulation, that brings the relict sands stored on the shelf surface towards the coastal system, b) the regional northwards littoral transport (coastal currents) parallel to the coastline, although local inversions in the general circulation (littoral cells) are evident in the geological record, as in the Mar Chiquita Lagoon area; this transport redistributes along the coast both the shelf sands and the products of coastal erosion, c) The southwards transport of fine (muddy) sediments from the de la Plata River.

Stratigraphy: The Neogene stratigraphy was defined by the application of the seismic stratigraphic method following the concepts of Mitchum *et al.* (1977). Six Depositional Sequences (named SD 1 to 6 from top to bottom) bounded by major seismic reflectors identified by their seismic attributes (amplitude, frequency

and continuity) were recognized (Figs. 4 and 5). **SD 6** (base of the sequence): corresponds to marine deposits correlated with the Miocene-Pliocene sediments known as “Paranense-Entrerriense-Chapadmalense” in the adjacent coastal areas (Parker *et al.*, 1994, 2005). **SD 5**: it has seismic and sedimentological characteristics that indicate marine facies at sea changing to nearshore and fluvial facies towards the coast, and is correlated with the upper Pliocene Barranca de los Lobos Fm as well as with the Puelches Equivalente Fm defined by Yrigoyen (1975) and Parker *et al.* (1994). **SD 4**: this unit is broadly extended on the shelf with diverse seismic and litho-facies of marine, nearshore, sublittoral, low-energy coastal and continental environments, with an upwards decreasing grain-size sequence; SD 4 is equivalent to the unit known as “Interensenadense” in the adjacent coastal plains and has an upper Pliocene (2.41 Ma) age. **SD 3**: it is also marine/littoral and has a unique characteristic given by its discontinuous distribution in the nearshore and coastal regions as well as in some places of the shelf (Figs. 4 and 6) as a consequence of deep post-depositional erosive processes probably produced by intensification of tectonic and/or glacioisostatic adjustments. **SD 2**: this unit has again a broad regional distribution, and shows different facies that represent diverse nearshore, coastal and continental environments with the particular characteristic of having been deposited as extensive barriers-coastal lagoon systems (Parker *et al.*, 1999; Violante, 2003); it is correlated with the unit known as “Belgranense” in the adjacent coastal areas, and corresponds to the isotopic stage 5e (120 ka). **SD 1**: represents the uppermost sedimentary sequence formed during the last postglacial transgressive event; it is constituted by a lower transgressive system tract with different environments such as barriers/lagoons systems and estuaries, and an upper highstand system tract with regressive coastal plains, deltas and a mantle of palimpsestic and relict sands formed by reworking of the previous transgressive deposits; in most of the inner shelf surface their deposits are adjusted to the present hydrodynamic conditions (Urien and Ewing, 1974; Parker *et al.*, 1982).

Conclusive remarks: The following conclusions can be highlighted:

1) Major geomorphological features are the inner and outer shelf, which correspond to two topographically and sedimentologically different terraces separated by a step. The upper terrace (inner shelf) is a significant feature in the region which is named “Rioplataense Terrace”.

2) From the sedimentological point of view, the shelf

is silicoclastic; surface deposits resulted from the postglacial transgressive-regressive event. The main difference between the inner and outer shelf is given by the predominance of palimpsestic deposits in the first one and relict deposits with outcrops of the underlying Pliocene-Pleistocene substratum in the second one.

3) The Neogene stratigraphy is defined by seismic-stratigraphic units representing Depositional Sequences (SD), which have been characterized on the basis of their seismic and lithological aspects and correlated with geological units known in the adjacent coastal regions. In this way it was described an uppermost, postglacial unit, followed below by a sequence of three transgressive-regressive units equivalent to the “Pampean” (Plio-Pleistocene) deposits, then a underlying unit corresponding to the “Puelches” (upper Pliocene) sands and finally the basal unit correlated with the “Paranense-Entrerriense-Chapadmalense” (Miocene-Pliocene) sequence.

4) Each SD shows a vertical sequence grading from marine (in the base) to continental (in the top) deposits in an upward decreasing grain-size distribution, therefore representing an individual and complete transgressive-regressive event.

5) The different degree of preservation of the SD in the shelf and the de la Plata River not only indicates different tectonic-glacioisostatic behaviours between both regions, but also determines the possibility that other transgressive events than those preserved in the shelf could have occurred but later completely eroded without leaving any record of their deposition.

Palabras clave: Plataforma submarina, secuencia depositacional, litoral bonaerense, transgresión marina, Cuaternario.

Keyword: Continental shelf, depositional sequence, Buenos Aires littoral, marine transgression, Quaternary.

INTRODUCCION

La Plataforma Continental Argentina (PCA) es una de las plataformas submarinas más extensas (970.000 km²) y de más suave relieve del mundo, condición favorecida por su vinculación geotectónica a un margen continental pasivo adyacente a una región de vastas llanuras. En ese contexto, las transgresiones marinas ocurridas durante el Neogeno y, particularmente, las de origen glacioeustático del Plioceno-Cuaternario han tenido una relevante significación tanto en su constitución geológica como en el modelado que la llevó a adquirir su configuración morfológica actual. Su régimen sedimentario le

imprimió un carácter silicoclástico.

Esto es particularmente válido para el sector norte de plataforma adyacente a la región pampeana bonaerense donde, a diferencia de las áreas patagónicas, la menor afectación neotectónica y glacioisostática ha permitido una mayor y más completa preservación de las secuencias estratigráficas de aquella edad. Además fueron muy importantes los procesos de retroceso y avance costero en respuesta a las fluctuaciones del nivel del mar, como así también dejó su impronta la influencia fluvial en su sector norte por la presencia del Río de la Plata.

El presente trabajo tiene por objetivo describir las características de las secuencias sedimentarias del Neogeno (con mayor énfasis en las del Plio-Pleistoceno y Holoceno) en el sector norte de la plataforma argentina. El área de trabajo tiene como límites los paralelos 35 y 39° S, el meridiano 55° W y la línea de costa (Fig. 1). El estudio fue posible a través de la obtención de datos geofísicos y geológicos durante diferentes campañas iniciadas en la década de 1980, y su análisis que en parte se basó en la aplicación de los conceptos de estratigrafía secuencial, lo que permitió interpretar cabalmente la sucesión de sismo-unidades (Secuencias Deposicionales) y la secuencia estratigráfica.

ANTECEDENTES

Las investigaciones geológicas y geofísicas precedentes en la PCA se orientaron principalmente al estudio de su estructura profunda (muchas veces con fines esencialmente petroleros). Entre los trabajos que incluyen al sector del este bonaerense pueden mencionarse los de Ewing *et al.* (1963), Zambrano y Urien (1970), Ewing y Lonardi (1971), Lonardi y Ewing (1971), Zambrano (1974), Yrigoyen (1975), Braccacini *et al.* (1980), Lesta *et al.* (1980), Introcaso y Ramos (1984), Urien y Zambrano (1996) y Tavella y Wright (1996). Por otra parte, también hay antecedentes relacionados con la distribución de los sedimentos superficiales que contienen información sobre el área en cuestión, como los del Servicio Hidrográfico Argentino (1929), Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía (1948), Casal (1957), Etchichury y Remiro (1960), Urien (1967), Urien y Mouzo (1968), Servicio de Hidrografía Naval (1974) y Urien y Ewing (1974). Recientemente, Perillo y Kostadinoff (2005) realizaron una recopilación de los aspectos estructurales, morfológicos, sedimentarios y oceanográficos del Margen Continental Bonaerense. Pero existe un gran vacío en lo que respecta a trabajos relacionados con la cobertura cenozoica que, con espesores cercanos

a la centena de metros, cubre gran parte de la plataforma, la cual evolucionó hacia su configuración actual durante ese período geológico. Merecen destacarse en este aspecto los trabajos de Urien *et al.* (1979) y Urien y Martins (1979), quienes mencionaron para zonas vecinas al Río de la Plata la ocurrencia de transgresiones y regresiones marinas durante el Plio-Pleistoceno y Holoceno y describieron los modelos depositacionales resultantes de esos eventos.

Frente a la carencia de estudios de detalle sobre los niveles superiores de las secuencias estratigráficas en el ámbito marino, diversos proyectos de investigación fueron conducidos a partir de mediados de la década de 1970 por el Grupo de Geología y Geofísica Marina del Servicio de Hidrografía Naval con ese objetivo, partiendo de la necesidad del conocimiento básico previo a su aplicación a la búsqueda y evaluación de recursos naturales, construcción de obras de ingeniería y a la resolución de problemas de navegación, como así también al aporte a cuestiones de soberanía relacionadas con la delimitación del margen continental bajo el contexto de la Convención de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar.

De esta manera surgieron diversos proyectos que llevaron a la concreción, a partir de la década de 1980, del Proyecto Marco "Reconocimiento Geológico-Geofísico del Margen Continental", cuyo objetivo es realizar relevamientos sistemáticos y progresivos en regiones reducidas, de manera de ir cubriendo, a través de sucesivas etapas, todo el ámbito del margen. Si bien los resultados finales serán alcanzados en un largo plazo en función de las posibilidades de llevar adelante la totalidad del proyecto, la concreción de cada etapa constituye un fin en sí mismo en la medida que permite conocer en detalle las características del área estudiada hasta ese momento.

Las etapas del Proyecto dedicadas al estudio del litoral y plataforma interior norbonaerense se llevaron a cabo a partir de campañas realizadas entre 1982 y 1992 entre el Río de la Plata exterior y la latitud de Miramar. En los últimos años, el desarrollo de un proyecto destinado al estudio del talud continental y cañón submarino Mar del Plata en áreas adyacentes a las de los proyectos precedentes permitió obtener información en la plataforma exterior y sector de transición al talud. Entre los antecedentes del mencionado Grupo para el área descrita en este trabajo pueden mencionarse los de Perillo (1975); Parker y Violante (1982); Parker (1990); Violante *et al.* (1992 y 2001); Parker *et al.* (1994, 1996, 1997, 1999, 2005), Violante y Parker (1999, 2000, 2004),

más numerosos informes técnicos editados por el Servicio de Hidrografía Naval en los cuales se concentra la información de base.

METODO DE TRABAJO

Los relevamientos submarinos fueron llevados a cabo por los buques oceanográficos argentinos “El Austral” (campañas de 1986 y 1992) y “A.R.A. Puerto Deseado” (campañas de 1987 y 1989) y el buque “C.P. Campbell” de la Armada de la R.O. del Uruguay (campaña de 1982). Las cinco campañas completaron en total unos 4.000 km de líneas de navegación sobre las cuales se obtuvo información geofísica y se recuperaron más de 200 muestras de sedimentos superficiales y unos 25 testigos verticales (piston cores).

Las tareas correspondientes a cada campaña se condujeron en dos etapas sucesivas y coordinadas, una de carácter geofísico y otra de carácter geológico. La etapa geofísica consistió en un relevamiento continuo con sensores a remolque a lo largo de líneas preestablecidas, para lo cual se utilizaron sondas batimétricas de 3,5, 16, 30 y 36 kHz, sonar de barrido lateral y sistemas de perfiladores sísmicos continuos de alta a media resolución para investigación del subfondo hasta una profundidad del orden de los 100 m por debajo del lecho marino. La velocidad de navegación fue de 5 a 6 nudos con disparos (shot-points) cada 15 min. Las fuentes de sonido fueron tipo boomer o sparker en aguas someras (dependiendo de las condiciones de profundidad, constitución del fondo y características de la masa de agua) y sistema de cañones de aire en aguas más profundas cercanas al borde de plataforma. Para la recepción de la señal se usaron “anguilas” monocanales de 8 y 1 hidrófonos con pre-amplificador, mientras que para la registración se empleó un registrador con ancho de papel de 11 pulgadas con escala de 50 y 100 ms en aguas someras y de 400 ms en aguas profundas. Durante esta etapa se efectuaron muestreos de sedimentos de fondo simultáneos con la adquisición del dato sísmico-batimétrico, esto es con buque en movimiento, mediante un muestreador tipo scoop-fish. Una vez completada la etapa geofísica se realizó la etapa geológica, programada de acuerdo al procesamiento expeditivo (a bordo) de la información sísmica para efectuar una selección racional de los sitios de muestreo. Así se obtuvieron muestras en estaciones fijas, tanto superficiales -con muestreadores de mandíbulas tipo Snapper y de arrastre tipo draga o rastra-, como de subsuelo -con un sacatestigos tipo Ewing de caída libre con pistón con

el cual se extrajeron muestras de hasta 5 m de longitud. También se tomaron fotografías submarinas. La figura 2 ilustra la densidad de información sísmica y geológica recolectada.

A los efectos de la conversión de los espesores sísmicos (medidos en milisegundos -ms- en función de la velocidad de transmisión de la onda sísmica en su recorrido de ida y vuelta) a espesores en metros, se utilizó una velocidad de 1500 m s⁻¹ -que es la de propagación del sonido en el agua- por cuanto por un lado se está trabajando en sedimentos nada a poco consolidados con velocidades de propagación en los sedimentos muy bajas, las cuales a su vez son desconocidas a nivel local al igual que sus posibles variaciones laterales. De esta manera, los espesores en metros obtenidos son los mínimos esperables.

La navegación a lo largo de una derrota predefinida se realizó empleando un sistema de posicionamiento satelital como así también (en el caso de las campañas más antiguas) el método de marcación y distancia utilizando radar cuando la cercanía a la costa lo permitió.

La información obtenida durante los relevamientos se complementó con: a) datos batimétricos provenientes de levantamientos hidrográficos antiguos realizados entre 1915 y 1985; b) información sedimentológica submarina que permitió incorporar datos de muestreos previos que llevaron a contar con un total de unas 1.200 muestras superficiales de fondo y 92 testigos verticales; c) información geológica de subsuelo de la llanura costera adyacente (litoral bonaerense) y del Río de la Plata.

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Dentro del contexto geotectónico y estructural resultante de la historia geológica del Margen Continental Argentino, el área de estudio se encuadra en un ámbito definido como un típico margen pasivo de placa inferior con un antiguo basamento y espesa corteza continental, cuya evolución fue controlada por discontinuidades corticales y sistemas extensionales transversales que originaron cuencas de rift (tipo aulacogénicas) con escaso magmatismo basáltico (Ramos, 1996). Además, ese ámbito estuvo sujeto a basculamientos condicionados por equilibrio isostático y sobrecarga sedimentaria, que produjo espesos depósitos post-Miocenos cuya acumulación se vio favorecida por la alta dinámica sedimentaria resultante del ascenso de la cordillera andina (Turic *et al.*, 1996).

Inserta en este marco, la región está emplazada en la Provincia Geológica Cuenca del Salado, de la cual

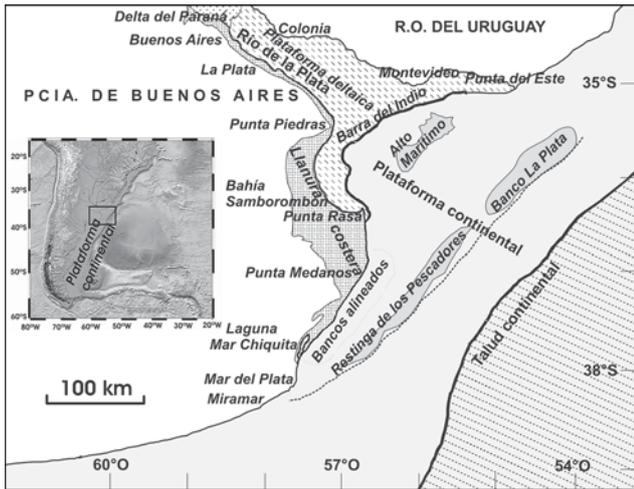


Figura 1. Mapa de ubicación y rasgos geomorfológicos regionales.
Figure 1. Location map and regional geomorphic features.

abarca un sector de su parte central y bordes hasta casi alcanzar los límites noreste (Cratón del Río de la Plata) y suroeste (Alto de Tandilia) en los que aflora el basamento Precámbrico-Paleozoico del Escudo de Brasilia. La cuenca es un amplio ámbito deprimido transversal al margen continental, que abarca longitudinalmente desde el extremo noroccidental de la Provincia de Buenos Aires hasta el límite exterior de la plataforma continental. Su estructura se la puede describir sintéticamente como una cubeta de depositación de origen tectónico condicionada por sistemas de fallas subparalelas entre sí y al eje de la cuenca. Su sustrato está integrado por metamorfitas precámbricas y rocas efusivas básicas del Jurásico superior-Cretácico inferior sobre el cual se desarrolla un paquete de hasta 6.000 m de espesor constituido por sedimentitas del Cretácico medio, Terciario y Cuaternario de carácter continental y marino en el ámbito continental que gradan a totalmente marinos hacia el ámbito de la plataforma (p.e., Tavella y Wright, 1996). La cuenca ha estado sujeta a subsidencia tectónica decreciente hacia el Terciario y Cuaternario, razón por la cual en este último período las variaciones glacioeustáticas del nivel del mar imprimieron sus rasgos propios y particulares.

La secuencia estratigráfica del Neogeno está integrada por tres unidades mayores que de abajo hacia arriba son: Mioceno-Plioceno, Plio-Pleistoceno y Holoceno.

Mioceno-Plioceno: está constituida por dos subunidades de amplia extensión regional que exceden el ámbito litoral y cubren gran parte de las llanuras del este argentino; la inferior, de edad Mioceno, es un pa-

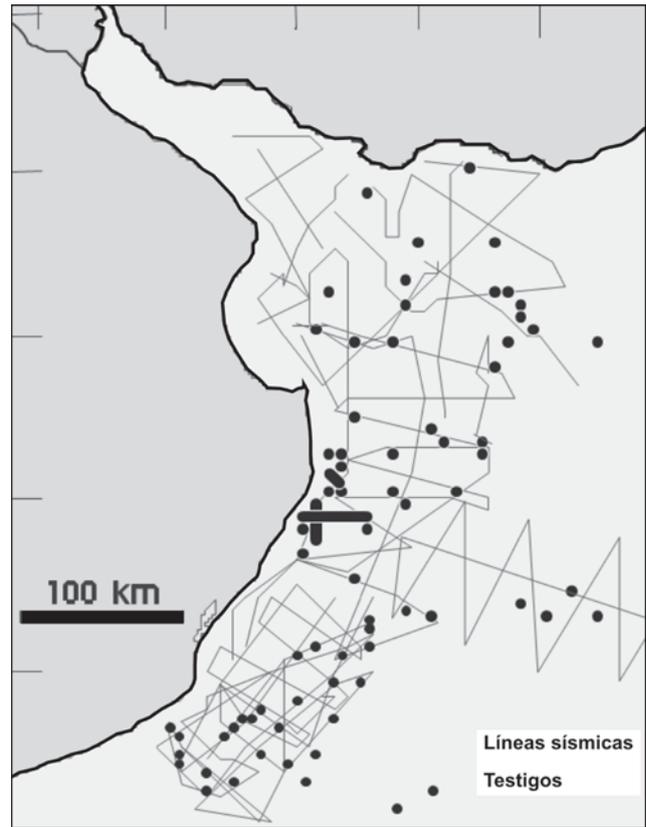


Figura 2. Líneas sísmicas y ubicación de testigos submarinos.
Figure 2. Seismic lines and location of piston core samples.

quete arcilloso resultante de una transgresión marina de gran magnitud que invadió no solamente la cuenca del Salado sino también la cuenca Chaco-Paranense que llega hasta el sur de Paraguay (Camacho, 1967; Russo *et al.*, 1979; Aceñolaza y Aceñolaza, 2000); la superior, de edad Plioceno, depositada durante la subsiguiente fase de nivel del mar bajo, está integrada por sedimentos arenosos de ambiente fluvial (Santa Cruz, 1972; Russo *et al.*, 1979) que adquieren en el noreste de la Provincia de Buenos Aires y sur de Entre Ríos un carácter deltaico para pasar a marinos hacia la plataforma continental (Yrigoyen, 1975, 1999; Parker *et al.*, 1994; Violante, 2006).

Plio-Pleistoceno: esta unidad está formada por sedimentos marinos en la plataforma que gradan a depósitos loessicos continentales hacia el continente adyacente. Los sedimentos marinos constituyen una secuencia de cuatro unidades sismoestratigráficas o secuencias depositacionales limitadas por discordancias, cuyos depósitos marginales, formados por sedimentos de ambientes litorales, se encuentran en algunos de los casos en el subsuelo de las llanuras costeras adyacentes. Esta

disposición señala una diferencia sustancial con respecto a los sedimentos marinos del Mioceno, los cuales se extendieron muy hacia el interior del continente mientras que las transgresiones plio-pleistocenas no avanzaron mucho más allá de las actuales llanuras costeras.

Holoceno: cubre al paquete anterior en la mayor parte del área, y está formada en la plataforma continental por sedimentos arenosos relicto de antiguos sistemas costeros hoy sumergidos que gradan a depósitos de barreras litorales, marismas y playas hacia la actual línea de costa y a otros de ambiente estuárico-deltaico hacia el Río de la Plata (Fray y Ewing, 1963; Urien, 1967, 1972; Urien y Ewing, 1974; Parker, 1990; Violante *et al.*, 1992; Parker y Violante, 1993; Cavallotto, 1996; Violante y Parker, 2000, 2004; Cavallotto *et al.*, 2004, 2005; Cavallotto y Violante, 2005).

RASGOS MORFOLOGICOS

A partir de la elaboración del mapa topográfico del fondo a escala 1:250.000 con equidistancia de 1 m, se reconocieron rasgos morfológicos de distintos órdenes de magnitud que fueron interpretados como resultado de la interacción entre diferentes factores tales como las fluctuaciones del nivel del mar, las condiciones oceanográficas, el aporte de sedimentos, la configuración relicto de antiguos rasgos costeros pre-holocenos y también la probable acción de procesos neotectónicos y glacioisostáticos.

Los rasgos mayores (Figs. 1 y 3) son la plataforma interior (desde la línea de costa hasta la isobata de 30 m, que corresponde al nivel de Terraza I definido por Parker *et al.*, 1997, 1999; Violante, 2005) y la plataforma exterior que se extiende en el resto de la región aunque su superficie subhorizontal se desarrolla por debajo de la isobata de 70 m (corresponde al extremo norte del nivel de Terraza II definido por Parker *et al.*, 1997; Violante, 2005). Entre ambas plataformas hay una escarpa de erosión de unos 40 m de desnivel entre los 30 y 70 m de profundidad.

Plataforma interior

Tiene su mayor desarrollo en el sector norte del área (frente a la desembocadura del Río de la Plata), ya que hacia el sur pierde magnitud a medida que su ancho se reduce progresivamente hasta alcanzar menos de 10 km a la latitud de Miramar (Figs. 1 y 3).

El rasgo morfológico más conspicuo de la plataforma

interior es la Terraza Rioplatense (Parker *et al.*, 1999), representada por una superficie subhorizontal de suave gradiente al sureste y relieve uniforme así como por los escalones que la limitan, que son respectivamente el frente de costa hacia el oeste -cuya base se ubica aproximadamente a los 10 m de profundidad-, y la escarpa situada hacia el este entre los 30 y 70 m de profundidad a cuyo pie se extiende la plataforma exterior. Representa el sector de la plataforma de abrasión labrada durante la transgresión postglacial no cubierta por la cuña costera regresiva del Holoceno superior que conforma la llanura costera, aunque está parcialmente tapiada por los sedimentos relicto y palimpsestos remanentes de los ambientes costeros de barreras-lagunas costeras que migraron hacia el oeste acompañando el retroceso de la línea de costa durante la última transgresión. El modelado final de la Terraza Rioplatense y la adquisición de su configuración actual ha sido asociada a la variabilidad en el balance depositación-erosión por efecto de fluctuaciones en la velocidad de ascenso del nivel del mar ocurridas durante la transgresión postglacial (Violante, 2005).

Sobre la Terraza se desarrollan otros rasgos secundarios que le imprimen características morfológicas particulares (Fig. 1). En primer lugar, hay rasgos de relieve positivo y carácter depositacional, como la Plataforma deltaica que se extiende en su extremo noroccidental, el sistema de bancos alineados en su extremo sur que desaparece por debajo de la isobata de 20 m, y el Banco La Plata en su borde oriental. Al sur del sector ocupado por los bancos alineados se extiende una superficie de muy baja pendiente y relieve irregular que termina en Mar del Plata. Entre los 20 y 40 m de profundidad la superficie de la plataforma es relativamente uniforme y de suave inclinación al sureste, que se hace irregular a medida que se acerca al Banco de Pescadores frente a Mar del Plata. Entre Mar del Plata y Miramar, donde el Sistema de Tandilia se hunde en el mar, tanto la plataforma como su escalón exterior llegan a 20 m de profundidad con superficies muy irregulares.

Por otra parte, la Terraza Rioplatense también presenta rasgos erosivos o no depositacionales con afloramientos de sedimentos pre-holocenos (Fig. 1), tanto de relieve positivo -como el sector Punta Piedras-Umbrales de Samborombón-Alto Marítimo y la Restinga de los Pescadores-, como negativo, como es el caso de los canales situados al este y noreste de Punta Rasa y el que rodea la costa uruguaya entre Montevideo y Punta del Este, el cual representa la antigua salida al mar del Río de la Plata (Cavallotto, 1987; Parker *et al.*, 1999).

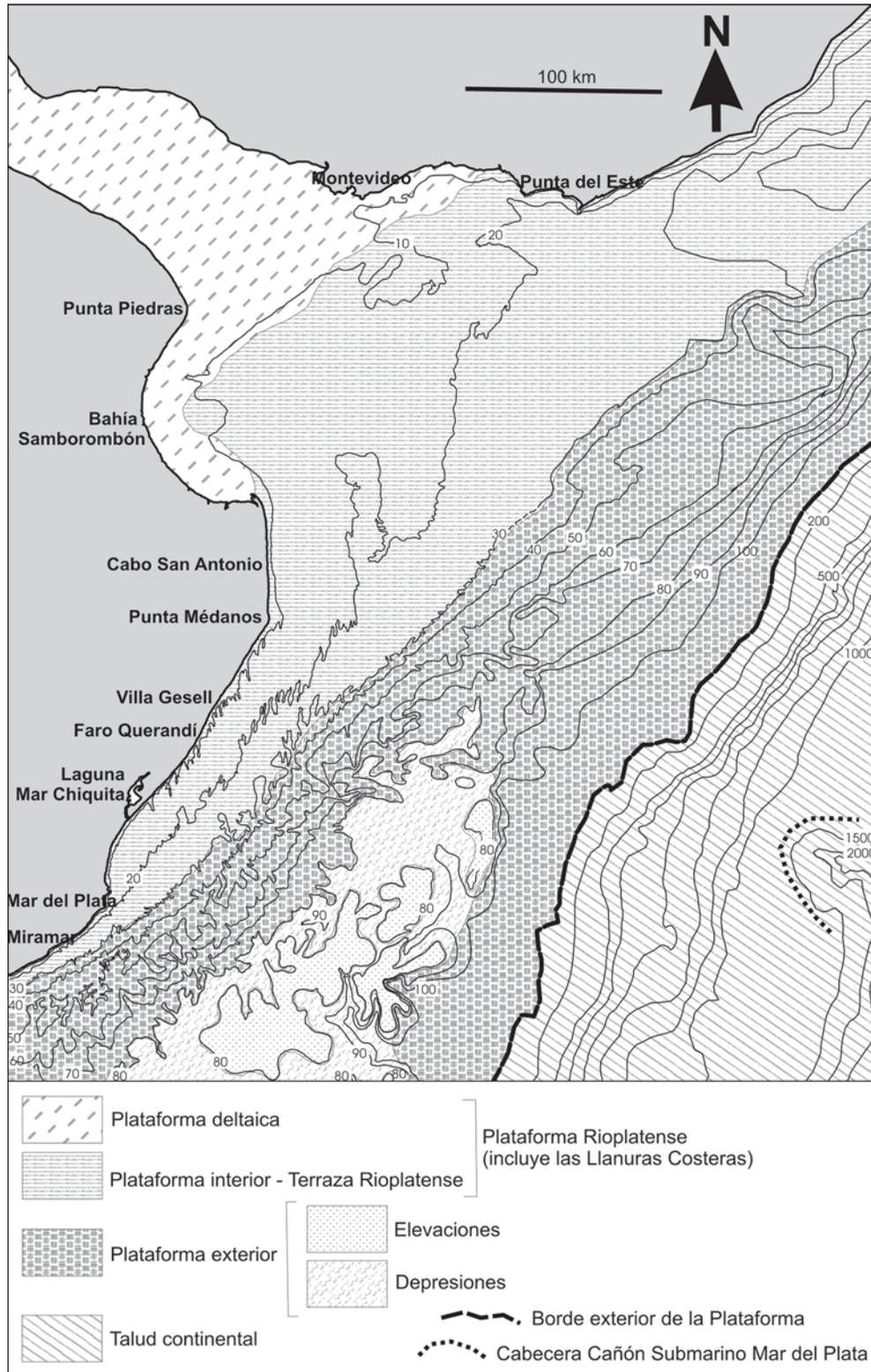


Figura 3. Topografía submarina y rasgos morfológicos. Basado en los mapas topográficos publicados por Parker *et al.* (1999, 2005).
Figure 3. Submarine topography and morphological features. Based on the geological maps published by Parker *et al.* (1999, 2005).

La Terraza Rioplatense limita hacia el norte con el sector continental uruguayo, formado por colinas bajas

y redondeadas donde aflora el basamento granítico del Cratón del Río de la Plata, y hacia el oeste por las lla-

nuras costeras bonaerenses de relieve bajo y uniforme que bordean el extremo oriental de la vasta llanura pampeana, constituida por espesos depósitos continentales del Terciario superior y Cuaternario.

Plataforma exterior

Presenta dos ámbitos diferenciados, uno en el sector occidental y otro en el oriental (Fig. 3). El primer ámbito (occidental) se desarrolla en el extremo sur entre los 40 y 80 m de profundidad con una superficie inclinada hacia el sureste de pendiente promedio 1:1000, con irregularidades bastante marcadas que adquieren mayor magnitud hacia el sur de Mar del Plata. En cambio, hacia el norte, la superficie se hace mucho más regular y de mayor pendiente donde conforma el borde exterior de la Terraza Rioplatense. Las irregularidades se manifiestan como canales bastante rectilíneos con muy pocas sinuosidades, perpendiculares a las isobatas y con relieves relativos de 10 a 20 m, que adquieren mayor expresión por debajo de los 50/60 m de profundidad.

El segundo ámbito (oriental), a partir de la isobata de 80 m (situada a una distancia de unos 70/80 km de la línea de costa entre el Cabo San Antonio y Mar del Plata), se caracteriza por presentar al sur de la latitud de Faro Querandí una superficie subhorizontal que se mantiene en promedio casi al mismo nivel a lo ancho de unos 50 km, diferenciándose en ella dos rasgos paralelos a la costa: una depresión elongada (hacia el continente) que alcanza los casi 90 m de profundidad, y una elevación (hacia el mar) cuyas partes más altas se acercan a los 75 m. Al pie oriental de esta elevación, otra isobata de 80 m de diseño irregular se extiende hasta un máximo de unos 150 km de la costa.

La depresión elongada se cierra al norte de la latitud de Faro Querandí, de manera que queda abierta solamente hacia el sur. Tiene un borde interior (hacia la costa) muy rectilíneo y uno exterior muy irregular que le imprime diferentes características. En su parte central la depresión es angosta (entre 5 y 20 km de ancho) y presenta numerosas pequeñas depresiones cerradas, mientras que en sus extremos norte y sur se ensancha hasta unos 50 km comunicándose con la plataforma exterior a través de anchas aberturas. Las elevaciones que limitan a la depresión por el este son de diseño irregular y están recortadas por canales que bajan en todas direcciones hacia los terrenos bajos circundantes.

Al norte de la latitud del Faro Querandí, donde desaparece la depresión, la plataforma exterior adquiere una

pendiente uniforme hacia el sureste, de manera que la isobata de 90 m se extiende en forma continua a lo largo de toda la región independientemente de la presencia o no de elevaciones y depresiones.

La plataforma exterior se extiende hasta el borde superior del talud, el cual se halla a una profundidad de 120/130 m. Profundas depresiones transversales que pueden llegar hasta varias decenas de metros de desnivel ponen en contacto la depresión de la plataforma exterior con las áreas de cabeceras de los sistemas de cañones submarinos que se desarrollan en el talud, aunque con respecto al Cañón Submarino Mar del Plata no se observa una continuidad morfológica sino que existe un defasaje de unos 200 km (Fig. 3).

CARACTERÍSTICAS SEDIMENTOLÓGICAS DE LA PLATAFORMA SUBMARINA

La plataforma tiene una cobertura sedimentaria de carácter terrígeno y silicoclástico con predominio de arenas, resultante de la dinámica sedimentaria actuante bajo determinados condicionamientos oceanográficos y climáticos. El sector interior de la plataforma está tapizado por sedimentos ajustados a las condiciones hidrodinámicas imperantes en la actualidad (palimpsestos), que conforman un fondo con formas activas que puede ser considerado como un "macizo de bancos retrogradantes" (*"shoal retreat massiff"*, Swift, 1976) constituido por bancos de arena móviles e influenciado por sedimentación costera, corrientes litorales, acción de olas y mareas en un contexto de régimen de sedimentación pasivo (Violante, 2004). Por su parte, la plataforma exterior tiene dos ámbitos, uno más cercano a la costa en transición a la interior con características dadas por una mayor estabilidad sedimentológica con poca removilización de materiales (depósitos relicto), y otro alejado de la costa, vecino a la transición plataformatalud, donde los sedimentos siguen siendo relicto aunque predominan procesos más activos vinculados a corrientes de borde, parcialmente asociados a la transferencia de materiales hacia sistemas profundos de talud (cañones submarinos).

Sedimentos superficiales

A excepción del sector noroccidental adyacente a la desembocadura del Río de la Plata, donde se extienden los depósitos arcillosos del prodelta asociados al sistema deltaico que prograda hacia el sureste, la mayor parte de la plataforma está cubierta por un manto de sedi-

mentos arenosos que quedaron como depósitos relicto de la migración hacia el oeste de sistemas litorales que formaron parte de las sucesivas líneas de costa establecidas en cada posición de estabilización del nivel del mar durante el último evento transgresivo postglacial. En la plataforma interior, particularmente al norte de Laguna Mar Chiquita, esos sedimentos fueron posteriormente retrabajados durante el subsiguiente retroceso del nivel del mar iniciado hace 6.000 años dando origen a diversos rasgos morfológicos y estructuras sedimentarias: en el sector suroeste conforman un sistema de bancos alineados relacionados con la dinámica de la zona “nearshore” por efecto de olas y corrientes de mareas (Perillo, 1975; Parker *et al.*, 1978, 1982; Swift *et al.*, 1978; Parker y Violante, 1982), mientras que en el resto de la plataforma interior constituyen depósitos mantiformes con carácter de “palimpsestos” (Urien, 1967; Urien y Ewing, 1974; Parker y Violante, 1982). A pesar de la relativa homogeneidad litológica, se reconocen áreas con arenas bioclásticas y concentraciones de conchillas que representan las evidencias de antiguas líneas de costas desarrolladas durante la transgresión postglacial pero no completamente retrabajadas por el retroceso costero (Parker *et al.*, 1997). En algunos reducidos sectores de la plataforma interior aparecen rodados de rocas de variada composición, así como toscas y coquinas, que señalan la presencia de afloramientos de las unidades geológicas subyacentes formadas por sedimentos semiconsolidados del Plio-Pleistoceno. Por su parte, la plataforma exterior está cubierta sólo parcialmente por sedimentos postglaciales relicto con poca movilidad actual, que conforman elevaciones constituidas por bancos arenosos bioclásticos y conchillas, mientras que en gran parte de su superficie está expuesto el sustrato pre-transgresivo (Fig. 4).

Dinámica sedimentaria

Los sedimentos que constituyen la cobertura superficial de la plataforma estuvieron sujetos a tres vías principales de transporte (que siguen actuando en el presente) en respuesta a las direcciones dominantes de movimiento de las masas de agua, superpuestas al barrido que sufriera toda la plataforma por el ascenso del nivel del mar y el progresivo retroceso de la línea de costa.

La primera es proveniente del sur y sureste y es inducida por el oleaje desde mar abierto, movimiento que incorpora al sistema litoral a las arenas relicto yacentes más allá de la línea de costa. Este proceso está

asociado al transporte regional de las masas de agua oceánica, en sentido sur-norte, dominado por la circulación de la Corriente de Malvinas y el flujo de aguas subantárticas (Piola *et al.*, 2000; enviado), que distribuyen hacia el norte a componentes mineralógicos (Etchichuri y Remiro, 1960; Potter, 1986; Marcolini, 2005), biológicos (Boltovskoy *et al.*, 1996, 2000; Stevenson *et al.*, 1998) y químicos (Walter *et al.*, 2000; de Mahiques *et al.*, 2008) provenientes del sur dándole a los sedimentos dominantes en la plataforma su típica composición volcánico-piroclástica de origen pampeano-patagónico.

La segunda constituye el transporte litoral, que actúa paralelamente a la línea de costa bajo la acción de las corrientes costeras, las cuales desde un punto de vista regional y a largo plazo tienen una resultante sur-norte (p.e., Mazzoni y Spalletti, 1978) alimentando el sistema de playas del Cabo San Antonio que migran hacia el norte produciendo el crecimiento de Punta Rasa y de los bancos situados al norte de ella (Codignotto y Aguirre, 1993; Violante *et al.*, 2001). Sin embargo, las evidencias geológicas señalan que localmente y en intervalos cortos de tiempo se han producido inversiones en la deriva asociadas a la formación de células litorales inducidas por la presencia de un paleorelieve hoy desaparecido (paleopunta Villa Gesell -Violante, 1988, 1992; Violante y Parker, 1992-), favoreciendo el crecimiento de barreras litorales en dirección sur que hicieron migrar en esa dirección a la Laguna Mar Chiquita (Schnack y Gardenal, 1979; Schnack *et al.*, 1982; Violante, 1988, 1992; Violante y Parker, 1992; Parker *et al.*, 1999; Violante *et al.*, 2001). Esta vía de transporte redistribuye las arenas de plataforma a lo largo de la costa sumándoles los productos de la erosión costera por efecto del oleaje.

Por último está el transporte a través del Río de la Plata, que acarrea los sedimentos fluviales de los cuales únicamente los más finos, de carácter arcilloso, llegan a la zona de la Barra del Indio, la bahía Samborombón y sectores costeros del Cabo San Antonio, donde interactúan con las arenas de plataforma y los sistemas de playas (Fig. 1).

ESTRATIGRAFIA

La identificación de unidades geológicas del Neogeno en el subsuelo poco profundo de la plataforma se realizó en base a métodos sísmicos que permitieron reconocer, en primer lugar, horizontes reflectores conspicuos diferenciados por sus atributos (amplitud, frecuencia y continuidad), que separan paquetes con características sísmicas propias y relativamente homogéneas

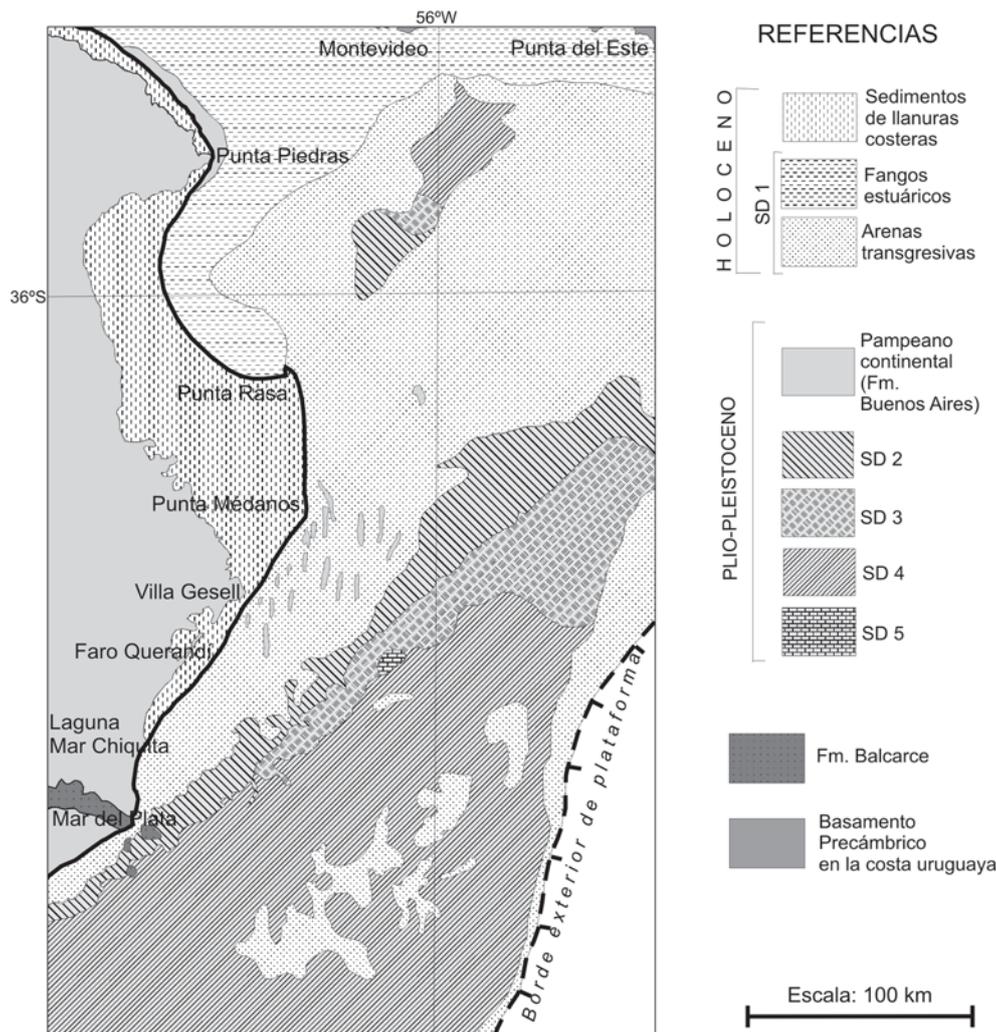


Figura 4. Mapa geológico. Basado en los mapas geológicos publicados por Parker *et al.* (1999, 2005).

Figure 4. Geological map. Based on the geological maps published by Parker *et al.* (1999, 2005).

que presentan internamente reflexiones fundamentalmente concordantes. En segundo lugar, dentro de cada uno de esos paquetes se reconocieron sismofacies aún dentro de la relativa uniformidad interna; en consecuencia, cada paquete pasa a constituir una unidad que representa una Secuencia Sismoestratigráfica siguiendo las definiciones de Mitchum *et al.* (1977). Estas unidades han sido definidas para el litoral bonaerense y correlacionadas con las secuencias estratigráficas de las llanuras costeras adyacentes y del Río de la Plata (Parker, 1990; Violante *et al.*, 1992, 2001; Parker y Violante, 1993; Violante y Parker, 2000; Cavallotto, 1996; Parker *et al.*, 1999, 2005; Cavallotto y Violante, 2005). Los rasgos litológicos fueron establecidos en base a la información sedimentológica aportada por testigos verticales submarinos y por los datos de perforaciones en

las regiones costeras.

En este trabajo, estas unidades son consideradas “Secuencias Depositacionales” (SD). Sus equivalencias estratigráficas respetan aquellas establecidas por Parker *et al.* (2005), basadas en la interpretación regional, relaciones de yacencia entre las diferentes partes de las secuencias, aspectos tectónicos y sedimentarios. Cada una de las SD representa un evento transgresivo-regresivo individual y está separada de las unidades infra y suprayacentes por discontinuidades definidas por las terminaciones sistemáticas de las reflexiones, las que constituyen superficies de discordancia que resultaron de la sumatoria de procesos erosivos subaéreos ocurridos durante el intervalo de nivel del mar bajo previo a su deposición y subaéreos producto del evento transgresivo subsiguiente.

Se reconocieron seis SD que fueron denominadas numéricamente de 1 a 6 de arriba hacia abajo (Figs. 4-6), las que están separadas entre sí por horizontes reflectores sísmicos de fuerte carácter que en ese mismo sentido han sido denominados mediante las letras A, V, M, N y L.

SD 6

Constituye la base de la secuencia sismoestratigráfica estudiada y marca el límite de la investigación sísmica en esta zona de aguas someras, donde los reflectores múltiples enmascaran la señal de probables reflectores más profundos. Su base es un horizonte reflector que ha sido denominado Z, el cual sólo pudo ser identificado en algunas pocas líneas sísmicas en zonas profundas y bastante más marcadamente en las cercanías de Mar del Plata, mientras que el límite superior, el horizonte reflector L, fue reconocido en casi toda el área constituyendo una clara superficie de discordancia (Fig. 6b). En la región marplatense se revela una relación discordante de esta unidad sobre el basamento de edad Paleozoico inferior en la porción sumergida del Sistema de Tandilia (Parker *et al.*, 2005).

La estructura interna se caracteriza, en la zona norte, por una configuración de sus reflectores de disposición horizontal en discordancia con la base y el techo. En el sur, en cambio, la disposición es oblicua, de modo que la relación es de truncamiento con respecto al techo y de aparente “downlap” con la base. Las relaciones de yacencia y características sísmicas internas permiten suponer que se trataría de facies marinas. Los rasgos sedimentológicos son hasta el momento desconocidos en la plataforma, donde no ha podido ser muestreada. Esta unidad es equivalente al paquete sedimentario integrado por las unidades conocidas como Paranense-Entrerriense-Chapadmalense (Parker *et al.*, 2005).

SD 5

Se desarrolla en toda la región, aunque en gran parte el enmascaramiento producido por la presencia de reflectores múltiples impide su adecuada visualización. Aflora en un único y reducido sitio en el borde exterior de la Terraza Rioplatense, a unos 40 m de profundidad a la latitud de Faro Querandí (Figs. 4 y 6b). Está limitada en base y techo por los horizontes reflectores L y N respectivamente. Sus mayores espesores, del orden de 25 milisegundos (ms, aproximadamente 38 m considerando una velocidad sísmica 1,5 m/s), se presentan en una franja orientada en dirección sureste en coincidencia con el eje de máxima subsidencia de la cuenca del

Salado -a la altura de la localidad de Mar de Ajó- y disminuyen en dirección a ambos flancos de la cuenca.

Las sismo y litofacies revelan que en los sectores de mayor potencia la configuración sísmica interna es muy variada, aunque predominan las terminaciones de tipo truncamiento, especialmente de carácter erosivo en la base (Fig. 6b) y configuraciones internas caóticas. Allí está litológicamente caracterizada, al menos en su techo -ya que el único testigo submarino que la muestreó tiene 2,65 m de longitud- por sedimentos compactos arenarcillosos con conchilla fina diseminada, de color gris verdoso azulado, que conforman una secuencia granodecreciente hacia arriba. Hacia ambos lados del centro de la cuenca estos sedimentos marinos gradan a otros probablemente continentales, que particularmente hacia el norte de la bahía Samborombón están caracterizados por sismofacies con una configuración interna caótica y oblicua en cuya base predominan rasgos de tipo truncamiento (“downlap”) y en su techo los de truncamiento erosivo, algunos de los cuales fueron interpretados como indicadores de la presencia de paleocauces. En dirección al noreste, en zonas vecinas al litoral uruguayo, la configuración interna se hace libre de reflexiones con truncamiento en relación al reflector base, cuya alta reflectividad permite suponer la cercanía del basamento que constituye el Cratón del Río de la Plata. En el extremo sur, en cambio, la configuración interna suele ser, en las áreas más cercanas a la costa, caótica a paralela con concordancia en techo y base, mientras que en zonas más alejadas pasa a ser oblicua con terminaciones de tipo truncamiento.

En el subsuelo de las llanuras costeras del área de la laguna Mar Chiquita, estos sedimentos gradan a arenas con conchillas de ambiente litoral, que pasan a su vez, más hacia el oeste y suroeste, a arcillas y limos entoscados de carácter continental equivalentes a la Fm Barranca de los Lobos (Parker *et al.*, 1994, 2005). En dirección a la región norte de la Provincia de Buenos Aires pasa a los sedimentos fluviales de la Fm Puelches, de manera que las características descriptas para la plataforma corresponden al Puelches Equivalente (Yrigoyen, 1975, 1999; Parker *et al.*, 1994; Violante, 2006).

SD 4

Se distribuye en toda el área excepto en la zona de Punta Piedras, y se extiende hacia las llanuras costeras adyacentes y hacia el Río de la Plata, sitio en el cual aflora en asomos discontinuos recortados por el paleovalle holoceno del Río. También aflora en el Alto Marítimo y en la mitad sur del área donde queda expuesta

en el sector inferior del escalón exterior de la Terraza Rioplatense así como en gran parte de la plataforma exterior (Fig. 4).

Su base es el horizonte sísmico N, de relieve relativamente uniforme y gradualmente buzante hacia el centro de la cuenca del Salado, de manera que en el sector sur vuelve a ascender en dirección al alto de Mar del Plata. En la zona central del área de estudio se desarrollan los mayores espesores que llegan hasta 16 ms (aproximadamente 24 m). Este horizonte sísmico fue correlacionado con el reflector "b" descrito por Ewing y Lonardi (1971), que a su vez equivale al contacto "Puelches-Pampeano" de la estratigrafía bonaerense.

La unidad presenta en la plataforma características variadas. En la zona al norte del Alto Marítimo predominan sismofacies con configuración interna oblicua que se corresponden con sedimentos esencialmente limosos de color amarillento de probable carácter continental. Hacia el noroeste de Punta Piedras esa configuración es variada y tiene como característica significativa la presencia de truncamientos, lo que se explica por los rasgos topográficos de la base de la unidad y por la presencia de paleocauces; en este sitio predominan sedimentos margosos y limosos verdosos probablemente de ambientes costeros de baja energía. Desde Punta Piedras hacia el sur el arreglo de los reflectores internos es de mayor uniformidad con predominio de sismofacies con configuración interna caótica y concordante con sus límites superior e inferior (Fig. 6a), aunque no faltan alrededor del Alto Marítimo los truncamientos; al noreste de Mar del Plata aparecen sedimentos arenarcillosos castaños a gris verdosos con restos de bivalvos, gastrópodos, foraminíferos y ostrácodos de ambiente marino sublitoral, mientras que en la plataforma exterior de la región sur se hallan arcillas gris oliva con intercalaciones de arenas y niveles de conchillas que suelen constituir coquinas. Hacia la costa marplatense comienzan a aparecer arcilitas calcáreas con concreciones que denotan un probable nivel de exposición subaérea. Arenas, arcillas y margas con conchillas conforman los depósitos de esta unidad en el subsuelo del Río de la Plata, cuyas cuñas marginales en la franja costera constituyen el "Interensenadense" de Ameghino (1908) y Frenguelli (1950). Su edad es cercana a 2,41 Ma (Parker *et al.*, 1994).

Los sedimentos descriptos para el ámbito de plataforma conforman, en sentido vertical, una secuencia sedimentaria -registrada a través de 26 testigos submarinos que en conjunto representan casi todo el espesor de la unidad- caracterizada por una sucesión granode-

creciente hacia arriba que grada desde arenas finas a gruesas con conchillas, a arcillas arenosas de colores castaño grisáceos a gris oliva y verdoso, y culmina en limos y arcillas amarillentos. El conjunto, que constituye una secuencia de ambientes marinos en transición a continentales, está localmente consolidado formando niveles de areniscas, limolitas, arcilitas y margas. Hacia el subsuelo de las llanuras costeras vecinas estos sedimentos gradan a otros de granometrías semejantes correspondientes también a ambientes de playas, llanuras de mareas y continentales.

La unidad representa el evento transgresivo más antiguo del Plio-Pleistoceno que ingresó por la depresión del Río de la Plata de manera independiente con respecto al sector central más deprimido de la Cuenca del Salado, lo que implica la instalación de condiciones paleogeográficas muy significativas a partir de su deposición, relacionadas con el momento en el cual comenzó a manifestarse en el relieve el Alto Marítimo que separó a los ambientes marinos abiertos del litoral atlántico del ámbito estuárico del Río de la Plata (Parker *et al.*, 1994; Violante y Parker, 1999).

SD 3

Tiene un desarrollo más limitado que el resto de las unidades Plio-Pleistocenas, restringiéndose a la zona central y este del área de estudio y a sectores de reducida extensión en la llanura costera. No se han hallado sus registros en el subsuelo del Río de la Plata, y aflora en el flanco sur del Alto Marítimo y en el escalón exterior de la Terraza Rioplatense (Figs. 4 y 5). Su base, el horizonte reflector M, presenta una pendiente regional hacia el sureste, alcanzando en la zona central del área sus mayores espesores del orden de 15 ms (aproximadamente 22 m). Más hacia el sur vuelve a ascender en dirección a Mar del Plata.

Su configuración sismoestratigráfica interna es predominantemente caótica a excepción de los sitios localizados en las inmediaciones de Punta Piedras, donde el arreglo interno de los reflectores es paralelo. Por su parte, la disposición en relación a sus límites es variada; en la región centro-oriental los reflectores se disponen en concordancia con la base y en truncamiento erosivo con el techo, mientras que al noroeste son de tipo truncamiento y muestran indicios de paleocauces. Los sedimentos que caracterizan a la unidad son, en el borde oriental de la plataforma, arenas finas a medianas con conchillas de bivalvos y foraminíferos, de color amarillento a grisáceo con ligera compactación, mientras que en los alrededores de Punta Piedras son limos en parte

arenosos castaño amarillentos y arcillas calcáreas castaño grisáceas a verdosas, parcialmente cementados por carbonato de calcio. Estos sedimentos pasan hacia las llanuras costeras adyacentes a una secuencia que gradúa de arenas con conchilla en la base a arcillas verdes y limos castaños en el techo.

Las facies descritas en la región sureste corresponden a un ambiente litoral a sublitoral que pasa hacia el norte -en dirección al Alto Marítimo-, y hacia el oeste -en el subsuelo de las llanuras costeras adyacentes-, a ambientes litorales protegidos de lagunas costeras, marismas y playas. La unidad fue reconocida de manera saltuaria en las llanuras costeras donde ha sido definida como Fm San Clemente (Violante y Parker, 1993).

Este desarrollo regional muy irregular en comparación con la amplia y regular distribución de las unidades infra y suprayacentes (Fig. 6a) podría explicarse a través de profundos efectos erosivos que afectaron la región, posiblemente por factores tectónicos y/o ascensos glacio-isostáticos, previos al nuevo avance del mar que dejó los depósitos de la USE 2. Las correlaciones efectuadas (Violante y Parker, 1999) señalan que se habría depositado dentro del intervalo temporal comprendido entre 1,71 y 0,5 millones de años.

SD 2

Se desarrolla en toda la región costera-litoral y se extiende hacia el este hasta aproximadamente la isobata de 30 m, mientras que hacia el oeste lo hace en la llanura costera hasta la cota de +5 m, y también aparece en el ámbito del Río de la Plata. Aflora en diversos lugares tanto en zonas sumergidas del sur del Alto Marítimo como en el borde exterior de la Terraza Rioplatense (Fig. 4).

Su base, el horizonte reflector V, se hunde progresivamente desde el Alto Marítimo hacia el sur y este aunque con relieves irregulares marcados por sucesiones de altos y bajos entre las puntas Rasa y Médanos. Los mayores espesores se encuentran en la zona central del área, donde varían entre 4 y 8 ms (aproximadamente 6 a 12 m) en la Restinga de los Pescadores, mientras que al norte de Punta Rasa se reducen notoriamente hasta desaparecer para dar lugar a afloramientos de las unidades infrayacentes. Hacia el sur, el horizonte asciende en dirección al alto de Mar del Plata.

La heterogeneidad que presenta la unidad permite reconocer áreas con características sísmicas y litológicas diferentes. En la zona norte del Alto Marítimo se encuentran sismofacies con arreglo interno de los reflectores de configuración oblicua, compuestos por sedimentos arenosos. En la zona interior de la bahía Sambo-

rombón las sismofacies tienen una configuración interna libre de reflexiones con contactos concordantes, características acústicas propias de sedimentos finos homogéneos como los que aparecen en un testigo extraído en el lugar, con el cual se muestrearon lutitas grises compactas con intercalaciones arenosas e indicios de bioturbación en el techo. En la zona noreste de Punta Rasa la configuración sísmica es de reflexiones caóticas típicas de sedimentos gruesos compactos, posiblemente conchillas (aunque no han sido muestreados), con contactos también concordantes. Al sur y al este de punta Rasa la configuración es de reflectores internos paralelos y de truncamiento erosivo con el techo y concordante con la base; aquí fueron muestreados sedimentos arcilloarenosos verdosos compactos con conchilla, así como arcillas rojas. En la zona de la Restinga de los Pescadores se presentan dos sismofacies superpuestas (Fig. 6a), una inferior caracterizada por reflectores caóticos en la cual se recolectaron sedimentos arenosos con abundantes conchillas, y otra superior con reflectores continuos y estratificados en la que se hallaron arcillas, limos y arenas verde castaños a grisáceos con conchillas. En el borde exterior de la Terraza Rioplatense aparecen sedimentos areno-limo-arcillosos color gris oliva oscuro con conchillas y rodados, intercalando niveles de limos compactos con conchillas. En el subsuelo de las llanuras costeras vecinas la unidad tiene también características diversas, variando desde sedimentos arenosos finos en matriz arcillosa con conchillas, a arenas limoarcillosas castaño grisáceas a verdosas y por último limos castaño rojizos con fósiles de vertebrados terrestres.

Las relaciones faciales y geométricas revelan una sucesión de ambientes asociados a sistemas de barreras litorales evolucionadas durante un evento regresivo (Fig. 6a), en la que se desarrollan, en una secuencia vertical de abajo hacia arriba, sedimentos de plataforma, playas de barreras con cordones litorales, playas protegidas, lagunas costeras, llanuras de mareas y depósitos continentales (Parker *et al.*, 1990, 1999; Violante, 2003).

La unidad, que es equivalente a lo que se conoce como "Belgranense" (Ameghino, 1908; Frenguelli, 1950), se habría depositado durante el estadio isotópico 5e (aproximadamente 120 ka). La única datación efectuada en Argentina sobre depósitos que serían correlacionables con esta unidad, en la localidad de Claromecó (Isa *et al.*, 2000; Schnack *et al.*, 2005) revela una edad U-Th mínima de 96.000 años.

SD 1

Representa al paquete sedimentario formado durante

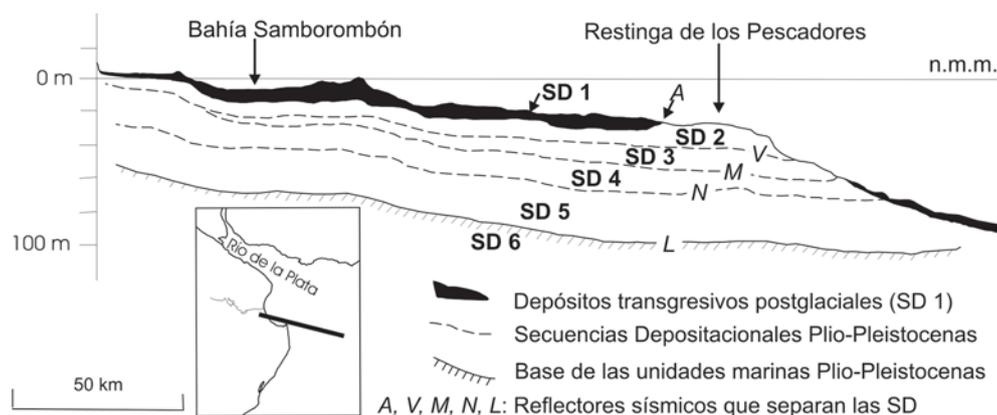


Figura 5. Sección sismoestratigráfica tipo. Modificado de Parker y Violante (1993).

Figure 5. Seismic stratigraphic type section. Modified from Parker and Violante (1993).

la última transgresión postglacial del Pleistoceno superior-Holoceno (Parker, 1990; Violante *et al.*, 1992; Parker y Violante, 1993; Parker *et al.*, 1999; Violante y Parker, 2000, 2004; Cavallotto, 1996, 2002; Cavallotto y Violante, 2005; Cavallotto *et al.*, 2005). Presenta dos subunidades: una inferior, constituyendo un cortejo sedimentario de mar transgresivo representado por facies de barreras en la costa, el manto de arenas transgresivas en la plataforma y facies estuáricas en el Río de la Plata, y una superior o cortejo sedimentario de mar alto, representado por las llanuras costeras con sus ambientes de cordones litorales y marismas, los palimpsestos en plataforma y el delta en el Río de la Plata.

Se distribuye en casi toda la región excepto en un sector del Alto Marítimo, y aparece saltuariamente en la plataforma exterior (Fig. 4). La unidad se extiende hacia el oeste hasta el borde occidental de la llanura costera, coincidiendo ese límite aproximadamente con la cota de +5 m (aunque está interrumpida en la zona de Punta Piedras entre la línea de costa y la isobata de -2 m, donde aparecen restingas en las que afloran depósitos continentales del Plio-Pleistoceno).

Su base es el horizonte sísmico A, cuya configuración está controlada por los accidentes topográficos mayores que caracterizaron a la línea de costa antes de la última transgresión, como la paleopunta Villa Gesell, la Punta Piedras y el Alto Marítimo (Parker *et al.*, 1999; Violante y Parker, 2000, 2004). Los máximos espesores se hallan en el paleovalle del Río de la Plata (40 m, Cavallotto, 1987, 1995, 2002), mientras que en el ámbito de plataforma propiamente dicho ellos se reducen notablemente, por ejemplo, al sur del banco Rouen alcanza 7 a 8 ms (aproximadamente 12 m), en el sub-

suelo de la llanura costera llega a unos 10 ms (aproximadamente 15 m), y al sur de Punta Médanos, en el área ocupada por el sistema de bancos alineados, puede llegar a 5 ms (aproximadamente 7,5 m). También muestra un espesor cercano a los 5 m en los bancos que constituyen las elevaciones desarrolladas sobre la superficie de la plataforma exterior.

Se identificaron diferentes sismofacies: en las zonas de la Barra del Indio, el litoral uruguayo y al este del Cabo San Antonio se reconocieron tanto sismofacies caracterizadas por arreglos de reflectores internos continuos, paralelos y horizontales como otras acústicamente transparentes y libres de reflexiones, las que corresponden a sedimentos arcillosos no compactados de color verde grisáceo con conchillas y materia orgánica. En cambio, en la zona de los bancos alineados y del banco La Plata, así como en la plataforma exterior, las sismofacies están caracterizadas internamente como de tipo caótico y concordante con respecto a sus límites, representativas de arenas finas a medianas con conchillas. Por su parte, las llanuras costeras están formadas por sedimentos de muy variada granometría que gradan desde arenas hasta arcillas en sus diversos ambientes.

En testigos submarinos obtenidos en la plataforma exterior, se hallaron en la base de la unidad niveles de paleosuelos (Osterrieth *et al.*, 2005 y en prensa; Violante *et al.*, 2007), que demuestran la exposición subaérea a la que estuvo expuesta la plataforma durante la última época glacial antes de la depositación de la SD 1.

La unidad se formó durante la transgresión postglacial iniciada en la región hace unos 18.000 años (Fray y Ewing, 1973; Parker *et al.*, 1999; Guilderson *et al.*, 2000; Violante y Parker, 2000, 2004), y las diferentes

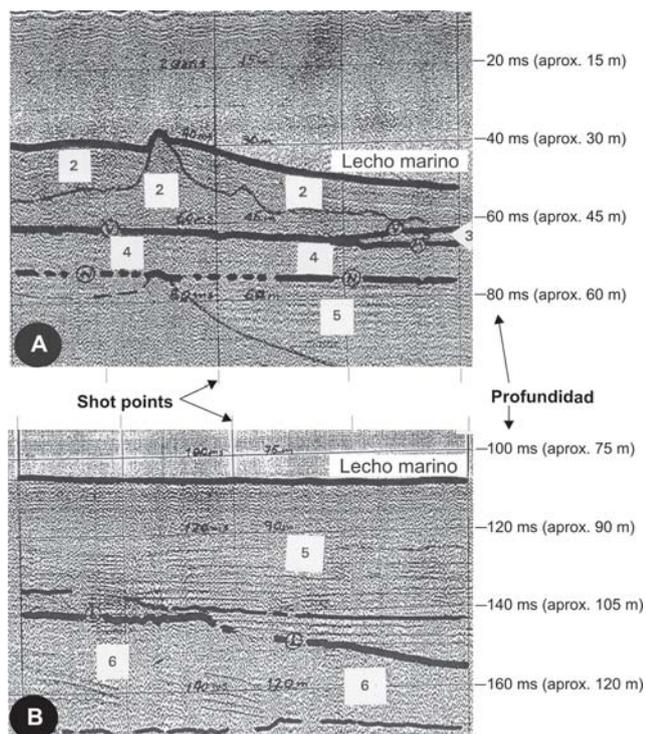


Figura 6. Ejemplos de registros de sísmica de reflexión. a) Restinga de los Pescadores a la latitud de Cabo San Antonio. b) Borde exterior de la Terraza Rioplatense a la latitud de Faro Querandí. Los números en los recuadros blancos corresponden a las SD. Escala horizontal: shot points cada 15 min a velocidad de 6 nudos.
Figure 6. Examples of seismic reflection records. a) Restinga de los Pescadores at the latitude of Cabo San Antonio. b) Outer border of Terraza Rioplatense at the latitude of Faro Querandí. Numbers in white squares correspond to SD. Horizontal scale: shot points every 15 min at speed of 6 knots.

facies resultan probablemente de pulsos de ascenso/estabilización del nivel del mar que habrían permitido la preservación en algunos sitios y a diferentes profundidades de niveles de playas asociadas a geoformas aterrazadas (Parker *et al.*, 1999; Violante y Parker, 2000, 2004; Violante, 2005) dentro de un contexto de ascenso promedio del nivel del mar del orden de 11 a 12 mm/año (Violante y Parker, 2004; Cavallotto y Violante, 2005; Schnack *et al.*, 2005) antes de tender a estabilizarse después de los 8.000 años A.P. La estabilización final con el subsiguiente descenso relativo a partir de los 6000 años A.P. llevó no solamente a la formación de las actuales llanuras costeras (Parker y Violante, 1982, 1993; Parker *et al.*, 1999; Violante *et al.*, 2001; Cavallotto, 1996, 2002; Violante y Parker, 2000, 2004) sino también al parcial ajuste de las arenas relicto sumergidas

a las actuales condiciones hidrodinámicas (Urien, 1967; Urien y Ewing, 1974; Parker y Violante, 1982, 1993; Violante *et al.*, 1992, 2001; Parker *et al.*, 1994, 1996, 1997, 1999; Violante y Parker, 2000 y 2004; Violante, 2004), con evidencias de fluctuaciones originadas en estabilizaciones parciales del nivel del mar durante su retroceso y/o variabilidad en la influencia del Río de la Plata (Laprida *et al.*, 2007).

Interpretación de las unidades marinas del Plio-Pleistoceno

El paquete integrado por las SD 5 a 2 fue correlacionado, por posición estratigráfica y seguimiento regional de las discordancias mayores, con las secuencias que en las regiones costeras vecinas integran los denominados “Puelches” y “Pampiano”; este último contiene intercalaciones marinas resultantes de las transgresiones de origen glacioeustático del Plio-Pleistoceno que precedieron a la transgresión postglacial.

Las unidades que forman parte del “Pampiano” (SD 4 a 2) se desarrollan en plataforma con amplia extensión regional y espesores que promedian los 10 m. Se caracterizan por su composición areno-limo-arcillosa con cantidades variables de conchilla, sedimentos que conforman sendas secuencias marinas granodecrecientes que culminan en niveles loessicos y toscas de ambiente continental. De esta manera se interpreta que cada unidad representa un ciclo completo transgresivo-regresivo. La cronología de esas unidades fue establecida por Parker *et al.* (1994, 1999, 2005) en base a su correlación con las secuencias del subsuelo de la Ciudad de Buenos Aires y las aflorantes en las barrancas marplatenses, asignando la SD 4 al “Interensenadense” (con una edad de 2,41 Ma) y la SD 2 al “Belgranense” (estadio isotópico 5e, 120 ka).

La diferente disposición y preservación de las SD en la plataforma y en el Río de la Plata es el resultado de las distintas geometrías de los ambientes de deposición y de la variabilidad tectónica y/o isostática. El Río de la Plata es una cuenca muy restringida lateralmente que no sufrió durante el Cenozoico superior una subsidencia significativa; en consecuencia, las sucesivas transgresiones marinas que por allí ingresaron debieron ocupar el mismo espacio físico de manera que los sedimentos depositados por cada una de ellas debieron ser erosionados (en algunos casos en su totalidad) antes de la deposición de los subsiguientes. Esto no ocurrió en la plataforma, donde con espacio suficiente y bajo subsidencia, las unidades se apilaron manteniendo su vasta distribución regional. Sin embargo, las evi-

dencias señalan que la secuencia estratigráfica en plataforma, aún habiéndose preservado más completa que en el Río, también muestra interrupciones, como lo demuestra la marcada discordancia del techo de la SD 3 que revela la acción de profundos efectos erosivos. Esta conformación permite inferir la posibilidad de que otras unidades marinas depositadas previamente a la SD 2 puedan haber sido totalmente borradas de manera que se hayan perdido todas sus evidencias. Este es un punto que aún queda por estudiar teniendo en cuenta que la sucesión de unidades descriptas y sus edades no puede ser por el momento correlacionada estrechamente con las fluctuaciones del nivel del mar establecidas globalmente e identificadas mediante los estadíos isotópicos, así como con los eventos glaciales establecidos para la región por Rabassa *et al.* (2005) que se habrían iniciado alrededor de 7-5 Ma con un efecto significativo en las fluctuaciones del nivel del mar al menos a partir del Plioceno.

CONSIDERACIONES FINALES

El estudio geológico-geofísico realizado en el litoral del noreste bonaerense permitió establecer las características morfológicas, sedimentarias, estratigráficas y evolutivas de la región. Los resultados más significativos son los siguientes:

1. Se identificaron y describieron los rasgos geomorfológicos entre los cuales se destacan la plataforma interior y la exterior. En la primera se destaca el ámbito externo de la Terraza Rioplatense, una geoforma mayor que constituye un elemento de enorme importancia en la configuración y génesis de la región.

2. La plataforma es, desde el punto de vista sedimentológico, de carácter terrígeno y silicoclástico, cuyos sedimentos superficiales son predominantemente arenosos depositados durante el ciclo transgresivo/regresivo postglacial. La diferencia fundamental entre la plataforma interior y la exterior está dada por el predominio de depósitos con carácter de palimpsestos en la primera y de carácter relicto con frecuentes afloramientos del sustrato plio-pleistoceno en la segunda.

3. Se definió la estratigrafía del Neogeno diferenciándose unidades sismoestratigráficas que representan Secuencias Depositacionales, las que fueron caracterizadas sísmica y litológicamente y correlacionadas con unidades geológicas conocidas en las áreas costeras adyacentes. Esto permitió identificar en el ámbito de plataforma, por debajo de los depósitos postglaciales que rematan la secuencia, tres eventos marinos transgresivo-

regresivos dentro del paquete de sedimentos "Pampianos" (Plio-Pleistoceno), a los cuales subyace uno equivalente a las "Arenas Puelches" (Plioceno) y finalmente la unidad de la base correlacionable con el Paranense-Entrerriense-Chapadmalense del Mioceno-Plioceno.

4. Todas las secuencias sedimentarias descriptas están caracterizadas por su litología granodecreciente en sentido vertical y la transición de sedimentos marinos someros a litorales y finalmente continentales, de manera que cada unidad representa un ciclo transgresivo-regresivo completo e individual.

5. El grado de preservación de las secuencias en la plataforma y en el Río de la Plata demuestra no solamente un distinto comportamiento tectónico/glacioisostático entre ambas regiones, sino que también determina la posibilidad de que más transgresiones marinas puedan haber afectado la región sin que hayan quedado preservadas las evidencias de su ocurrencia.

Agradecimientos

Al personal técnico de la División Geología y Geofísica Marina del Servicio de Hidrografía Naval, Téc. Horacio C. Martínez y Alejandro J. de León, por su permanente colaboración en las campañas, tareas de gabinete y laboratorio, así como por su dedicación a todos los proyectos y actividades encarados por el Grupo de trabajo. Al personal militar afectado a los buques durante las campañas, que ayudaron en las tareas realizadas a bordo. A los árbitros que evaluaron el trabajo (Dr. Salvador Aliotta y Dr. Federico I. Isla), así como al Editor de LAJSBA (Dr. Gerardo M.E. Perillo), por sus valiosos comentarios, sugerencias y recomendaciones. La información aquí contenida se basa en los resultados obtenidos por el Grupo de Geología y Geofísica del Servicio de Hidrografía Naval durante más de dos décadas de investigaciones bajo la dirección del Dr. Gerardo Parker. Los trabajos se condujeron en el contexto del Proyecto Marco "Reconocimiento Geológico-Geofísico del Margen Continental" -con subsidios de los Proyectos PID-CONICET 301890-088 (1989-1991), ANPCyT-PICT 97-07-00000-889 (1998-2000), ANPCyT-PICT 2003-07-14417 (2005-en ejecución)- y el Programa Binacional Argentino-Uruguayo de "Estudio para la Evaluación de la Contaminación en el Río de la Plata" (finalizado en 1989). El presente trabajo es una contribución a Proyectos del Programa Internacional de Correlación Geológica: IGCP 464 (Continental Shelves during the Last Glacial Cycle) e IGCP 526 (Risks, Resources, and Records of the Past in the Quaternary Continental Shelves).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceñolaza, F.G. y G.F. Aceñolaza, 2000. Trazas fósiles del Terciario marino de Entre Ríos (Formación Paraná, Mioceno medio), República Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba *Boletín* 64:209-233.
- Ameghino, F., 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalán. *Anales Museo Ciencias Naturales de Buenos Aires* 1:343-428.
- Boltovskoy, E., D. Boltovskoy, N. Correa y F. Brandini, 1996. Planktic foraminifera from the Southwestern Atlantic (30 degrees-60 degrees S): species-specific patterns in the upper 50 m. *Marine Micropaleontology* 28:53-72.
- Boltovskoy, E., D. Boltovskoy y F. Brandini, 2000. Planktonic foraminifera from south-western Atlantic epipelagic waters: abundance, distribution and year-to-year variations. *Journal of Marine Biology Association UK* 80:203-213.
- Braccacini, I.O., 1980. Cuenca del Salado. En J.C.M. Turner (Ed.) *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, II: 879-918.
- Camacho, H.H., 1967. Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina. *Revista Asociación Geológica Argentina* 22:253-280.
- Casal, P.S., 1957. Oceanografía. En: *Geografía de la República Argentina*, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GÆA, Tomo VII, 1a. parte: 87-262.
- Cavallotto, J.L., 1987. *Morfología y dinámica sedimentaria del Río de la Plata*. Informe final de Beca de Estudio, C.I.C., Buenos Aires, 87 p. (inéd.).
- Cavallotto, J.L., 1995. *Evolución geomorfológica de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata*. Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias Naturales y Museo, Univ. Nac. de La Plata, 237 pp. (inéd.).
- Cavallotto, J.L., 1996. Estratigrafía del Holoceno de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas IV: 51-68, Buenos Aires.
- Cavallotto, J.L., 2002. Evolución holocena de la llanura costera del margen sur del Río de la Plata. *Revista Asociación Geológica Argentina* 57:376-388.
- Cavallotto, J.L. y R.A. Violante, 2005. Río de la Plata. En: *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*, XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata: 237-254.
- Cavallotto, J.L., R.A. Violante y G. Parker, 2004. Sea level fluctuations during the last 8600 yrs in the Río de la Plata (Argentina). *Quaternary International* 114:155-165.
- Cavallotto, J. L., R.A. Violante y F. Colombo, 2005 Evolución costera y cambios ambientales del sector interno del Río de la Plata. *Revista Asociación Geológica Argentina* 60:353-367.
- Codignotto, J.O. y M.L. Aguirre, 1993. Coastal evolution, changes in sea level and molluscan fauna in northeastern Argentina during the late Quaternary. *Marine Geology* 110:163-176.
- de Mahiques, M.M., C.C.G. Tassinari, S. Marcolini, R.A. Violante, R.C. Lopes Figueira, I.C. Almeida da Silveira, L. Burone y S. H. de Mello e Souza, 2008. Nd and Pb isotope signatures on the Southeastern South America upper margin: Implications for sediment transport and source rocks. *Marine Geology* 250:51-63.
- Dirección Nacional de Navegación e Hidrografía, 1948. *Carta litológica escala 1:5.000.000*. Publ. Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires.
- Etchichury, M.C. y J. Remiro, 1960. Muestras de fondo de la Plataforma Continental comprendida entre los paralelos 34° y 36°30' de latitud sur y los meridianos 53°10' y 56°30' de longitud oeste. *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales B. Rivadavia, Ciencias Geológicas* VI: 263 p.
- Ewing, M. y A. Lonardi, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. En: *Physics and Chemistry of the Earth*, Pergamon Press, London, VIII:253-264.
- Ewing, M., W. Ludwig y J.I. Ewing, 1963. Geophysical investigations in the submerged Argentina coastal plain. Part 1: Buenos Aires to Peninsula Valdes. *Geological Society of America Bulletin* 74:275-292.
- Fray, Ch. y M. Ewing, 1963. Pleistocene sedimentation and fauna of the Argentine Shelf. I: Wisconsin sea level as indicated in Argentine Continental Shelf sediments. *Proceedings Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 115:113-126.
- Frenguelli, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, MOP, La Plata, Serie II (33): 72 p.
- Guilderson, T.P., L. Burkle, S. Hemming y W.R. Peltier, 2000. Late Pleistocene sea level variations derived from the Argentine Shelf. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 1:2000GC000098.
- Introcaso, A. y V.A. Ramos, 1984. La Cuenca del Salado: un modelo de evolución aulacogénica. *IX Congreso Geológico Argentino*, Actas III:27-46, S.C. de Bariloche.
- Isla, F.I., N.W. Rutter, E.J. Schnack y M.A. Zárate, 2000. La transgresión Belgranense en Buenos Aires. Una revisión a cien años de su definición. *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales* Publ. Esp. 4:3-14.
- Laprida, C., N. García Chaporí, R.A. Violante, y R.H. Compagnucci, 2007. Late Holocene evolution and paleoenvironments of north-eastern Argentine shoreface-offshore transition: new evidences based on benthic foraminifera. *Marine Geology* 240:43-56.
- Lesta, P.J., E. Mainardi y R. Stubelj, 1980. Plataforma Continental Argentina. En: J.C.M. Turner (Ed.), *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, II:1577-1601.
- Lonardi, A. y M. Ewing, 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. En: *Physics and Chemistry of the Earth*, Pergamon Press, London, VIII:253-264.
- Marcolini, S.I., 2005. Mineralogía de los sedimentos de la plataforma como posible indicador de cambios de circulación atmosférica y oceánica. *V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar*, Resúmenes: 82, Mar del Plata.
- Mazzoni, M.M. y L.A. Spalletti, 1978. Evaluación de procesos de transporte de arenas litorales bonaerenses a través de análisis texturales y mineralógicos. *Acta Oceanográfica Argentina* 2:51-67.
- Mitchum, J.R., R.M. Vail y P.R. Sangree, 1977. Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 6: Stratigraphic Interpretation of Seismic Reflection Patterns in Depositional Sequences. En: Ch.E. Payton (Ed.), *Seismic Stratigraphy applications to Hydrocarbon Exploration*. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Memoir 26:117-134.
- Osterrieth, M., R.A. Violante y N. Borrelli, 2005. Silicophytoliths in sediments from submarine cores in the northern region of the Argentine Continental Shelf. *The Phytolitharien* 17:18-19.
- Osterrieth, M., R.A. Violante y N. Borrelli, (en prensa). Silicofitólitos en sedimentos de testigos marinos de la región norte de la Plataforma Continental Argentina. En M. A. Korstanje y M. del P. Babot (Eds.), *Matices Interdisciplinarios en estudios fitolíticos y de otros microfósiles*. British Archaeological Research, Ed. Especial: 11p.
- Parker, G., 1990. Estratigrafía del Río de la Plata. *Revista Asociación Geológica Argentina* 45:193-204.
- Parker, G. y R.A. Violante, 1982. Geología del frente de costa y plataforma interior entre Pinamar y Mar de Ajó, Provincia de

- Buenos Aires. *Acta Oceanographica Argentina* 3:57-91.
- Parker, G.** y **R.A. Violante**, 1993. Río de la Plata y Regiones adyacentes. En: M. Iriondo (Ed.), *El Holoceno en la Argentina*. CADINQUA 2:163-216.
- Parker, G.**, **G.M.E. Perillo** y **R.A. Violante**, 1978. Características geológicas de los bancos alineados (linear shoals) frente a Punta Médanos, Provincia de Buenos Aires. *Acta Oceanographica Argentina* 2:11-50.
- Parker, G.**, **N.W. Lanfredi** y **D.J.P. Swift**, 1982. Seafloor response to flow in a Southern Hemisphere sand ridge field: Argentine inner shelf. *Sedimentary Geology* 33:195-216.
- Parker, G.**, **C.M. Paterlini** y **R.A. Violante**, 1994. Edad y génesis del Río de la Plata. *Revista Asociación Geológica Argentina* 49:11-18.
- 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*, Relatorio XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina-Instituto Argentino del Petróleo, Buenos Aires 1-16.
- Parker, G.**, **C.M. Paterlini** y **R.A. Violante**, 1997. El fondo marino. En: E.E. Boschi (Ed.), *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 1:65-87.
- Parker G.**, **C.M. Paterlini**, **R.A. Violante**, **I.P. Costa**, **S.I. Marcolini** y **J.L. Cavallotto**, 1999. Descripción Geológica de la Terraza Rioplatense (Plataforma Interior del Noreste Bonaerense). *Servicio Geológico y Minero Argentino Boletín* 273:98 pp.
- Parker, G.**, **C.M. Paterlini**, **R.A. Violante**, **I.P. Costa**, **S.I. Marcolini** y **J.L. Cavallotto**, 2005. Geología marina: la plataforma frente a Mar del Plata. *XVI Congreso Geológico Argentino* III:817-824, La Plata.
- Perillo, G.M.E.**, 1975. *Rasgos geológicos y geomorfológicos de los sectores continental, litoral y marino, del área comprendida entre Mar de Ajó y Pinamar, Provincia de Buenos Aires*. Tesis Final de Licenciatura, Fac. de Ciencias Exactas y Naturales, Univ. de Buenos Aires, 60 p (ined.).
- Perillo, G.M.E.** y **J. Kostadinoff**, 2005. Margen continental de la Provincia de Buenos Aires. En: *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*, XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, 277-292.
- Piola, A.R.**, **E.J.D. Campos**, **O. Möller Jr.**, **M. Charo** y **C. Martínez**, 2000. Subtropical shelf front off Eastern South America. *Journal of Geophysical Research* 105:6565-6578.
- Piola, A.R.**, **O.O. Möller Jr.**, **R.A. Guerrero** and **E.J.D. Campos**, 2008. Variability of the Subtropical Shelf front off eastern South America: winter 2003 and summer 2004, *Continental Shelf Research* 28:1639-1648, doi: 10.1016/j.csr.2008.03.013.
- Potter, P.E.**, 1986. South America and a few grains of quartz: Part I - beach sands. *Journal of Geology* 94:301-319.
- Rabassa, J.**, **A.M. Coronato** y **M. Salemme**, 2005. Chronology of the Late Cenozoic Patagonian glaciations and their correlation with biostratigraphic units of the Pampean region (Argentina). *Journal of South American Earth Sciences* 20:81-103.
- 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*, Relatorio XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires 385-404.
- Russo, A.**, **R. Ferello** y **G. Chebli**, 1979. Llanura Chaco Pampeana. En: *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 1:139-184.
- Schnack, E.J.** y **L.M. Gardenal**, 1979. Holocene transgressive deposits, Mar Chiquita Lagoon area, Province of Buenos Aires, Argentina. *International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary Proceedings* 419-425, San Pablo.
- Schnack, E.J.**, **J.L. Fasano** y **FI. Isla**, 1982. The evolution of Mar Chiquita Lagoon Coast, Buenos Aires Province, Argentina. *International Symposium on Sea Level Changes in the last 15.000 years, Magnitude and Causes: Holocene Sea Level Fluctuations, Magnitude and Causes*, 143-156, South Carolina.
- Schnack, E.J.**, **FI. Isla**, **F.O. De Francesco** y **E.E. Fucks**, 2005. Estratigrafía del Cuaternario Marino tardío en la Provincia de Buenos Aires. En: *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*, XVI Congreso Geológico Argentino, 159-182, La Plata.
- Servicio de Hidrografía Naval**, 1974. Sedimentología de la Plataforma Continental Argentina. S.H.N. Publ. H.669/1, Buenos Aires.
- Servicio Hidrográfico Argentino**, 1929. Carta litológica del Litoral Atlántico Argentino. *Anales Hidrográficos* 9:96-97.
- Stevenson, M.R.**, **D.D. Brito**, **J.L. Stech** y **M. Kampel**, 1998. How cold water biota arrive in tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Continental Shelf Research* 13:1595-1612.
- Swift, D.J.P.**, 1976. Continental shelf sedimentation. En: D.J. Stanley y D.J.P. Swift (Eds.) *Marine sediment transport and environmental management*. JWiley & Sons, Inc. pp. 311-350.
- Swift, D.J.P.**, **G. Parker**, **N.W. Lanfredi**, **G.M.E. Perillo** y **A. Figge**, 1978. Shore-face connected sand ridges on American and European shelves. *Estuarine and Coastal Marine Research* 7:257-273.
- Tavella, G.F.** y **C.G. Wright**, 1996. Cuenca del Salado. V.A. Ramos y M.A. Turic (Eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*, Relatorio XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires 95-116.
- Turic, M.A.**, **A.V. Nevistic** y **G. Rebay**, 1996. Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental. V.A. Ramos y M.A. Turic (Eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*, Relatorio XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires pp. 405-423.
- Urien, C.M.**, **L.R. Martins** y **I.R. Martins**, 1979. Modelos depositacionales en la plataforma continental de Río Grande do Sul, Uruguay y Buenos Aires. *VII Congreso Geológico Argentino*, Actas II: 639-658, Neuquén.
- Urien, C.M.**, 1967. Los sedimentos modernos del Río de la Plata Exterior. *Boletín Servicio de Hidrografía Naval* 2:113-213.
- Urien, C.M.**, 1972. Río de la Plata estuary environments. En: B.W. Nelson (Ed.), *Environmental framework of coastal plain estuaries*. Geological Society of America, Memoir 133:213-234.
- 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 pp. 157-177.
- Urien, C.M.** y **F. Mouzo**, 1968. Algunos aspectos morfológicos de la plataforma continental en las proximidades del Río de la Plata. *Boletín Servicio de Hidrografía Naval* 4:8.
- Urien, C.M.** y **J.J. Zambrano**, 1996. Estructura de la Plataforma continental. V.A. Ramos y M.A. Turic (Eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina*, Relatorio XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Buenos Aires pp. 29-65.
- Violante, R.A.**, 1988. *Geología de la planicie costera entre Villa Gesell y Faro Querandí, Provincia de Buenos Aires*. Tesis Doctoral N° 507, Fac. de Ciencias Naturales y Museo, Univ. Nac. de La Plata, 221 p. (ined.).
- Violante, R.A.**, 1992. Ambientes sedimentarios asociados a un sistema de barrera litoral del Holoceno en la llanura costera al sur de

Villa Gesell. *Revista Asociación Geológica Argentina* 47:201-214.

- Violante, R.A.**, 2003. Geomorphology and coastal evolution during the last interglacial maximum sea-level highstand in the Atlantic littoral of the Pampean region, Argentina. *Final Conference Project IGCP 437 "Coastal Environmental Change during Sea-Level Highstands"*, Abstracts: 243-245, Puglia.
- Violante, R.A.**, 2004. Coastal-marine processes and sediment supply during the post-LGM transgression in the northern part of the Argentine Continental Shelf. *4th. Annual Conference Project IGCP 464 "Continental Shelves during the Last Glacial Cycle"*, Abstracts 58-60, Roma-Ponza.
- Violante, R.A.**, 2005. Submerged terraces in the continental shelf of Argentina and its significance as paleo-sea level indicators: the example of the Rioplatense Terrace. *5th. Annual Conference Project IGCP 464 "Continental Shelves during the Last Glacial Cycle"*, Abstracts 97-99, San Petesburgo.
- Violante, R.A.**, 2006. Variaciones faciales de la Formación Puelches-Puelches Equivalente en la Cuenca del Salado. *Tercer Congreso Argentino del Cuaternario y Geomorfología*, 1:773-776, Córdoba.
- Violante, R.A.** y **G. Parker**, 1992. Estratigrafía y rasgos evolutivos del Pleistoceno medio a superior-Holoceno en la llanura costera de la región de Faro Querandí (Provincia de Buenos Aires). *Revista Asociación Geológica Argentina* 47:215-227.
- Violante, R.A.** y **G. Parker**, 1993. Evidencias de una ingresión marina intercalada entre el Interensendense y el Belgranense ("Pampeano") en las áreas costeras y marinas del noreste bonaerense. *XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Actas II: 252-259 Mendoza.
- Violante, R.A.** y **G. Parker**, 1999. Historia evolutiva del Río de la Plata durante el Cenozoico superior. *XIV Congreso Geológico Argentino*, Actas 1:504-507 Salta.
- Violante, R.A.** y **G. Parker**, 2000. El Holoceno en las regiones costeras y marinas del noreste de la Provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Geológica Argentina* 55:337-351.
- Violante, R.A.** y **G. Parker**, 2004. The post-Last Glacial Maximum transgression in the de la Plata river and adjacent Inner Continental Shelf, Argentina. *Quaternary International* 114:167-181.
- Violante, R.A., G. Parker, J.L. Cavallotto y S.I. Marcolini**, 1992. La Secuencia depositacional del Holoceno en el "Río" de la Plata y plataforma del noreste bonaerense. *4ª Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas I: 275-282, La Plata.
- Violante, R.A., G. Parker y J.L. Cavallotto**, 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista Asociación Geológica Argentina* 56:51-66.
- Violante, R.A., M. Osterrieth y N. Borrelli**, 2007. Evidences of subaerial exposure of the Argentine Continental Shelf during the Last Glacial Maximum. XVII Congreso Internacional de INQUA y 1º Reunion Anual Proyecto UNESCO-IUGG - IGCP 526, Cairns, Australia. Volumen de Resúmenes, *Quaternary International* 167-168:434.
- Walter, H.J., E. Hegner, B. Diekmann, G. Huhn y M.M.R. Van Der Loeff**, 2000. Provenance and transport of terrigenous sediments in the South Atlantic Ocean and their relations to glacial and interglacial cycles: Nd and Sr. Isotopic evidence. *Geochemical Cosmogenical Acta* 64:3813-3827.
- Yrigoyen, M.R.**, 1975. Geología del subsuelo y Plataforma Continental. En: *Relatorio: Geología de la Provincia de Buenos Aires*, VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca 139-168.
- Yrigoyen, M.**, 1999. Los depósitos cretácicos y terciarios de las cuencas del Salado y del Colorado. En: *Geología Argentina*, SEGEMAR, Instituto de Geología y Recursos Minerales Anales 29:645-649.
- Zambrano, J.J.**, 1974. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la Provincia de Buenos Aires y zonas adyacentes. *Revista Asociación Geológica Argentina* 29:443-438.
- Zambrano, J.J.** y **C.M. Urien**, 1970. Geological outline of the basins in Southern Argentina and their continuation off the Atlantic shore. *Journal of Geophysical Research* 75:1363-1396.