

Registro sedimentario del antiguo canal de desembocadura del Río de La Plata en la plataforma continental del sur de Brasil

**Iran Carlos Stalliviere Corrêa^{1,*}, Svetlana Medeanic², Jair Weschenfelder¹,
Elírio Ernestino Toldo Júnior¹, José Carlos Nunes¹, Ricardo Baitelli¹ y
Cristiane Bahi dos Santos³**

¹Centro de Estudos de Geología Costeira e Oceánica-CECO, Instituto de Geociências-UFRGS,
Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43125, CP 15.001 CEP 91501-970 Porto Alegre-RS Brasil.

²Instituto de Oceanografia – FURG. Av. Itália Km. 8, Campus Carreiro,
CEP 96201-900 Rio Grande-RS Brasil (in memoriam).

³Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências-UFRGS,
Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43125, CP 15.001, CEP 91501-970 Porto Alegre-RS Brasil.

*iran.correa@ufrgs.br

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo caracterizar la evolución geomorfológica y sedimentológica de un paleocanal, perteneciente al Río de la Plata, que se ubica en la plataforma continental del sur de Brasil desde el Pleistoceno superior. Se realizó un levantamiento batimétrico y se obtuvieron testigos para un estudio palinológico y sedimentológico del área. A partir de estos datos fue posible caracterizar depósitos transgresivos junto al paleocanal del Río de la Plata. Las secuencias palinológicas mostraron ambientes con influencia marina que evolucionan a mixohalinos, lagunares y continentales de agua dulce. Desde el punto de vista sedimentológico, el área fue caracterizada como un ambiente fluvio-estuarino. Los datos obtenidos aportan información nueva para la interpretación de la evolución paleogeográfica del antiguo cauce del Río de la Plata en la plataforma continental de Rio Grande do Sul (Brasil).

Palabras clave: paleodrenaje, morfología, plataforma continental, Río de la Plata, Brasil.

ABSTRACT

This paper deals with the characterization of the geomorphology and paleo-evolution of a La Plata River paleochannel, located on the south Brazilian continental shelf since the Upper Pleistocene. Through a bathymetric survey and coring of sediments from the paleochannel, a sedimentological and palynological analysis was carried out. This kind of analysis allowed us to characterize a transgressive depositional sequence on the La Plata River paleochannel. The palynological sequences indicated marine environments grading to mixohaline and continental freshwater. From a sedimentological point of view, the area is characterized as a fluvial-estuarine environment. These data offer new information to reconstruct the paleogeographic evolution of the La Plata River paleochannel on the Rio Grande do Sul continental shelf (Brazil).

Key words: paleodrainage, morphology, continental shelf, La Plata River, Brazil.

INTRODUCCIÓN

Los distintos trabajos desarrollados en el margen continental sur de Brasil han reconocido una serie de ambientes de depósito relacionados con la transgresión del Holoceno y también con la última regresión del Pleistoceno (Martins *et al.*, 2005).

Los rasgos geomorfológicos que caracterizan los canales fluviales presentes en las plataformas continentales pueden indicar procesos relacionados con los cambios ambientales y las variaciones en el nivel del mar durante el Cuaternario (Conti, 2009).

La dinámica de los sedimentos que participan en los eventos de transferencia del nivel de base causa cambios en el sistema de suministro, provocando a menudo el desplazamiento de los arroyos. Además, los eventos tectónicos pueden desempeñar un papel preponderante en este tipo de migración de los sistemas, formando barreras al flujo acuoso y obligando a la migración del canal o, por el contrario, ajustando el canal en un rumbo fijo.

Los estudios han demostrado que la geometría de los paleodrenajes en la plataforma continental y la posición de los cursos actuales pueden no tener una relación directa, lo que impide el establecimiento de un modelo que relacione la red de drenaje, el régimen hidrológico y la evolución de las características morfológicas de las plataformas continentales (Chiocci, 2001; Figueiredo y Madureira, 2004; Abreu y Calliari, 2005; Conti, 2009).

Según estudios realizados por Corrêa (1986) y Urien y Martins (1989), desde el final de la última glaciación del Pleistoceno, el nivel del mar comenzó el desplazamiento a partir de su posición más baja (-130 m), iniciando así la última gran transgresión marina.

En el margen continental sur de Brasil, los registros geológicos muestran numerosas secuencias sedimentarias indicadoras de las fluctuaciones del nivel del mar a partir del período de apertura del Océano Atlántico. La presencia de paleodeltas y paleoplataformas son evidencias de las fluctuaciones del nivel del mar a partir de procesos transgresivo-regresivos. Estas estructuras se han observado en los registros sísmicos, con la identificación de los estratos progradantes y retrogradantes (Asmus 1981).

Durante el período regresivo del Pleistoceno, cuando el nivel del mar alcanzó su nivel más bajo de -130 m (Corrêa 1986, 1990), la plataforma continental se convirtió en una extensa llanura costera con numerosos sistemas fluviales, cuyos drenajes alcanzaron el borde de la plataforma, creando una serie de complejos deltaicos asociados, en su mayoría, a los cañones submarinos, con la construcción de depocentros como prismas sedimentarios sobre la emersión continental, como en el caso del cono de Río Grande (Martins, 1984).

Posteriormente comenzó el ascenso del nivel del mar, causando grandes inundaciones de las llanuras costeras, de los deltas, de los estuarios y otros ambientes de transición, formando una superficie de base transgresiva con gran movilización de sedimentos.

Kowsmann *et al.* (1977) describieron la presencia de un paleocanal, parcialmente lleno, paralelo a la costa de Río Grande do Sul, y lo relacionaron con una conexión pasada, a más de 17,500 años BP, con el paleocanal principal del Río de la Plata.

En este sentido, Urien (1970), Urien y Martins (1974), Urien y Ewing (1974) e Isla y Madirolas (2009) establecieron para el drenaje del Río de la Plata una dirección sur-norte en el pasado, al final de Pleistoceno, que llevaba sedimentos hacia el talud y elevación continental a través de la llanura costera (la plataforma continental actual).

El canal central del Río de la Plata presenta una sedimentación fangosa, separada por dos cuerpos de arena (Corrêa 1990; Laborde 1999). Esta gama de sedimentos limo-arcillosos se superpone a los depósitos de arenas antiguas que corresponden a la base del paleocanal del Río de la Plata en la plataforma del sur de Brasil (Corrêa 1987a, 1987b; Corrêa *et al.*, 1996). En cuanto a la edad de estos sedimentos, muchos autores consideran que se formaron durante la última transgresión del Holoceno (Kowsmann y Costa 1979; Corrêa 1987a; Martins *et al.* 2003). Sin embargo, Ayup-Zouain (1987) sugiere que el depósito fangoso, superior, es el resultado del transporte actual de los sedimentos finos del Río de la Plata por las corrientes de turbidez a través del paleocanal.

Con base en el análisis morfoestructural del área, Corrêa (1990, 1996) describió la presencia, entre el Faro Sarita y Chui, de una fuerte anomalía negativa que se prolonga siguiendo un eje paralelo a la costa. Esta anomalía negativa está flanqueada por dos anomalías positivas que presentan el eje paralelo a subparalelo a la costa. El autor caracterizó estas anomalías por la presencia de un graben (anomalía negativa), flanqueado por un horst (anomalía positiva). El paleocanal del Río de La Plata coincide con la dirección de este graben.

Campos *et al.* (2009) describen varios perfiles obtenidos a partir de datos hidroacústicos. El análisis de estos perfiles indica que el paleocanal del Río de La Plata, en la plataforma continental de Río Grande do Sul (Brasil), tiene un aumento gradual de hasta 30 m de profundidad, en relación a las partes adyacentes externas.

La reconstrucción de los paleoambientes se puede hacer a través de estudios paleontológicos de secuencias sedimentarias. Entre los diferentes tipos de microfósiles, los palinomorfos sirven como herramienta de paleoreconstrucción de las zonas costeras. La diversidad de palinomorfos en los sedimentos cuaternarios en las zonas costeras es muy variable, con la presencia de taxones de palinomorfos altamente indicativos de ambientes de sedimentación (Medeanic *et al.*, 2009a, 2009b; Medeanic y Corrêa 2007 y 2010).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el paleocanal del Río de La Plata, que se encuentra ubicado en parte sobre la

plataforma continental de Río Grande do Sul (Brasil), entre las latitudes 32°40' S y 34°20' S y las longitudes 51° W y 53° W, y en parte sobre la plataforma continental uruguaya (Figura 1).

El paleocanal del Río de La Plata se extiende desde el norte de Uruguay (Punta del Este) hasta cerca del Faro Sarita en la costa de Río Grande do Sul (Brasil). La región ocupada por el canal presenta una superficie aproximada de 3000 km².

La plataforma continental de Río Grande do Sul presenta en la parte norte del área de estudio, cerca del Faro Sarita, un ancho máximo de 200 km, mientras que en la parte sur la plataforma es más estrecha, de unos 150 km.

La profundidad máxima del canal es de aproximadamente 80 m bajo el nivel actual del mar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La morfología de la región de la plataforma continental del sur de Río Grande do Sul fue procesada digitalmente a partir del desarrollo de un modelo digital batimétrico (MDB). Los puntos utilizados para la preparación del MDB se obtuvieron de las cartas batimétricas generadas por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) de la Marina de Brasil y digitalizadas, y de las cuales se generó

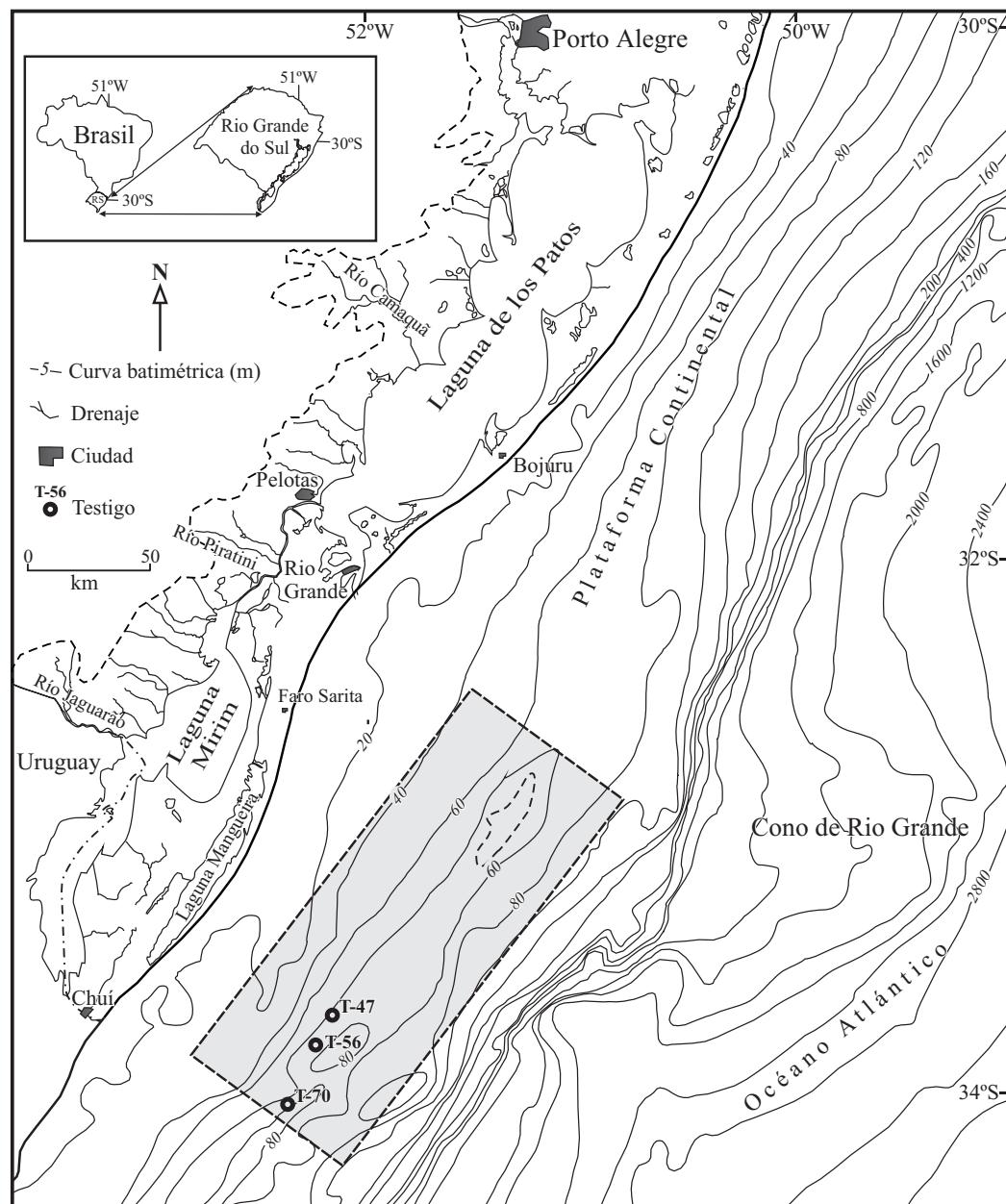


Figura 1. Ubicación y mapa batimétrico de la zona de estudio con la posición de los testigos.

una malla regular para el área, con células de 100×100 m. Se utilizaron perfiles de ecosonda obtenidos en la Operación Oceanográfica GEOMAR VII, los cuales fueron escaneados y georreferenciados, y sirvieron de soporte para la confeción del MDB y para la delimitación del paleocanal.

Las muestras de sedimentos estudiadas se obtuvieron mediante testigos de pistón y las de superficie fueron extraídas con dragas del tipo Van Veen y Dietz Lafond, durante la Operación Oceanográfica GEOMAR VII. El Laboratorio de Sedimentología del CECO/UFRGS fue el responsable del procesamiento de las muestras. Para los análisis sedimentológicos se siguieron los métodos estadísticos recomendados por Folk y Ward (1957), utilizando los datos de tamaño de grano para la caracterización de los sedimentos de la zona estudiada.

Para el análisis de polen se recogieron 30 muestras de los testigos T-47, T-56 y T-70 obtenidos durante la Operación GEOMAR VII. Los intervalos de muestreo están separados de 10 a 60 cm, principalmente en los sedimentos limosos. El tratamiento químico de las muestras se realizó de acuerdo con las técnicas estándar y descriptas por Faegri e Iversen (1975). Cincuenta (50) gramos de cada muestra fueron tratados químicamente con HCl (10%) y KOH (10%), y se aplicó el método de separación de sustancias orgánicas e inorgánicas a través de líquidos densos (solución acuosa con densidad de 2.2 g ZnCl₂/cm³). La no aplicación de HF permitió la conservación de los fitolitos de ópalo, de las espículas de esponjas y de las diatomeas. Los preparados definitivos de los materiales estudiados se encuentran en la palinoteca del Centro de Estudio de Geología Costera y Oceánica (CECO) del Instituto de Geociencias de la UFRGS (Brasil).

Para el análisis palinológico se utilizó un microscopio Lobomed-400 de luz transmitida con un aumento de 500x. La identificación del polen de plantas vasculares se basó en la colección de referencia. Los palinomorfos de algas y hongos fueron reconocidos con el uso de la literatura disponible (van Geel, 1976; van Geel y van der Hammen, 1978; Jarzen y Elsik, 1986; Brasier, 1992; Jankovská y Komárek, 2000; Cordazzo y Stürmer, 2007). Los microforaminíferos (palinoforaminíferos) fueron identificados a partir de la obra de Van Veen (1957) y Pantic y Bajaktarevic (1988).

Para caracterizar el estado general de la materia orgánica que se encuentra en los preparados palinológicos se utilizaron las obras de Batten (1996) y Tyson (1995).

La identificación aproximada de fitolitos, pertenecientes a las plantas monocotiledóneas, se basó en los trabajos pioneros sobre fitolitos presentes en las plantas actuales de la llanura costera de Rio Grande do Sul (Brasil), publicados por Medeanic *et al.* (2008 y 2009b).

La frecuencia de los taxones se expresó en porcentaje (%), lo cual relaciona el número de taxones por muestra y el número total de muestras analizadas, según Mateucci y Colma (1982). Los resultados fueron reunidos en un tabla Excel a partir de los datos obtenidos por el programa C2® versión 1.5 (Juggins, 2003). A partir del análisis de fre-

cuencia de los taxones estos se agrupan en: muy frecuentes (70%), frecuentes ($\leq 70\%$ y $> 40\%$), poco frecuentes ($\leq 40\%$ y $> 10\%$) y esporádicos ($\leq 10\%$) (Tabla 1).

MODELO DIGITAL BATIMÉTRICO

El trabajo inicial consistió en la elaboración del mapa batimétrico de la zona de estudio a escala 1:265,000, siendo ésta la que mejor se adaptó a la delimitación de los contornos de las curvas de nivel con intervalos de 2 m. La disposición de las isobatas fue desde la costa hasta una profundidad de 100 m. Para el detalle del mapa fueron utilizados los

Tabla 1. Clases de frecuencias de taxones presentes en los testigos T-47, T-56 y T-70.

TESTIGO T-47	
Muy frecuente	Chlorophyta
$> 70\%$	<i>Botryococcus</i> sp.
Frecuente	Espículas de esponjas
$< 70\%$ y $> 40\%$	Fitolitos
	Bacillariophyta
	<i>Terpsinoë musica</i>
Poco frecuente	Dinophyta
$< 40\%$ y $> 10\%$	<i>Gyrodinium</i> sp., <i>Pheopolykrikos hartmannii</i> , <i>Procentrum gracile</i> <i>Porotoperidium oblongum</i> , <i>Spiniferites</i> sp.
	Escolecodontes
	Bacillariophyta
	<i>Coscinodiscus</i> sp.
TESTIGO T-56	
Muy frecuente	Chlorophyta
$> 70\%$	<i>Botryococcus</i> sp.
Frecuente	Dinophyta
$< 70\%$ y $> 40\%$	<i>Pheopolykrikos hartmannii</i>
Poco frecuente	Chlorophyta
$< 40\%$ y $> 10\%$	<i>Spirogyra</i> sp.
	Dinophyta
	<i>Spiniferites</i> sp.
	Prasinophyta
	<i>Leiosphaeridia</i> sp.
	Escolecodontes
	Microforaminíferos
	Fitolitos
	Espículas de esponjas
	Bacillariophyta
	<i>Diploneis</i> sp., <i>Paralia sulcata</i> , <i>Stauroneis</i> sp.
TESTIGO T-70	
Muy frecuente	Fitolitos
$> 70\%$	
Frecuente	Briophyta
$< 70\%$ y $> 40\%$	<i>Phaeoeros</i> sp.
	Chlorophyta
	<i>Botryococcus</i> sp.
	Espículas de esponjas

continúa

Tabla 1 (continuación). Clases de frecuencias de taxones presentes en los testigos T-47, T-56 y T-70.

TESTIGO T-70 (continuación)	
Poco frecuente < 40% y >10%	Magnoliophyta Cyperaceae Pteridophyta <i>Azolla filiculoides</i>
Poco frecuente < 40% y >10%	Palinomorfos fúngicos Dinophyta <i>Phaeopolykrikos hartmannii, Spiniferites sp.</i> Prasinophyta <i>Leiosphaeridium sp.</i> Bacillariophyta <i>Navicula sp.</i>
Esporádico < 10%	Magnoliophyta <i>Poaceae, Polygonum hydropiperoides, Polygalaceae, Scrophulariaceae, Typha sp.</i> Pteridophyta <i>Blechnum sp., Huperzia sp., Lycopodiella sp., Microgramma sp., Ophioglossum sp., Osmunda sp.</i> Polypodiaceae Briophyta <i>Anthoceros sp.</i> Charophyta <i>Chara sp.</i> Prasinophyta <i>Leiosphaeridium sp.</i> Escolecodontes Bacillariophyta <i>Paralia sulcata, Terpsinoë sp.</i>

datos de las cartas de navegación de la DHN y los perfiles de ecosonda de la región estudiada. A partir del mapa batimétrico de detalle se elaboraron 23 perfiles batimétricos, espaciados a cada 5.3 km, cubriendo principalmente la zona del paleocanal y sus alrededores, con la finalidad de obtener una mejor visualización de la morfología del fondo. La carta batimétrica fue escaneada y con los datos vectoriales de la misma se hizo el modelo digital batimétrico que permitió la visualización tridimensional del canal.

Corrêa (1990, 1996) describe la presencia de un paleocanal a partir de perfiles batimétricos y de registros de ecosonda. Se observa la presencia de una terraza de 60/70 m que indicaría la estabilidad del nivel del mar a aproximadamente 11,000 años BP, según la curva de variación de nivel del mar propuesta por el autor (Figura 2), durante la última transgresión marina, cuando parte del canal del Río de la Plata comenzó a ser colmatado por la influencia del aumento del nivel del mar.

El modelo digital batimétrico (Figura 3) muestra una homogeneidad de la plataforma continental con una pendiente suave. En la plataforma continental interior, las isobatas se presentan recortadas, caracterizando la presencia de bancos de arena, mientras que en la plataforma externa se observa la presencia del paleocanal del Río de la Plata, formado durante un período de mar bajo, y flanqueado al sureste por una elevación de arena responsable de la dirección del paleocanal.

La caracterización de este paleocanal se puede rastrear en los perfiles de ecosonda perpendiculares a la costa, que fueran obtenidos durante la Operación Oceanográfica GEOMAR VII (Figura 4).

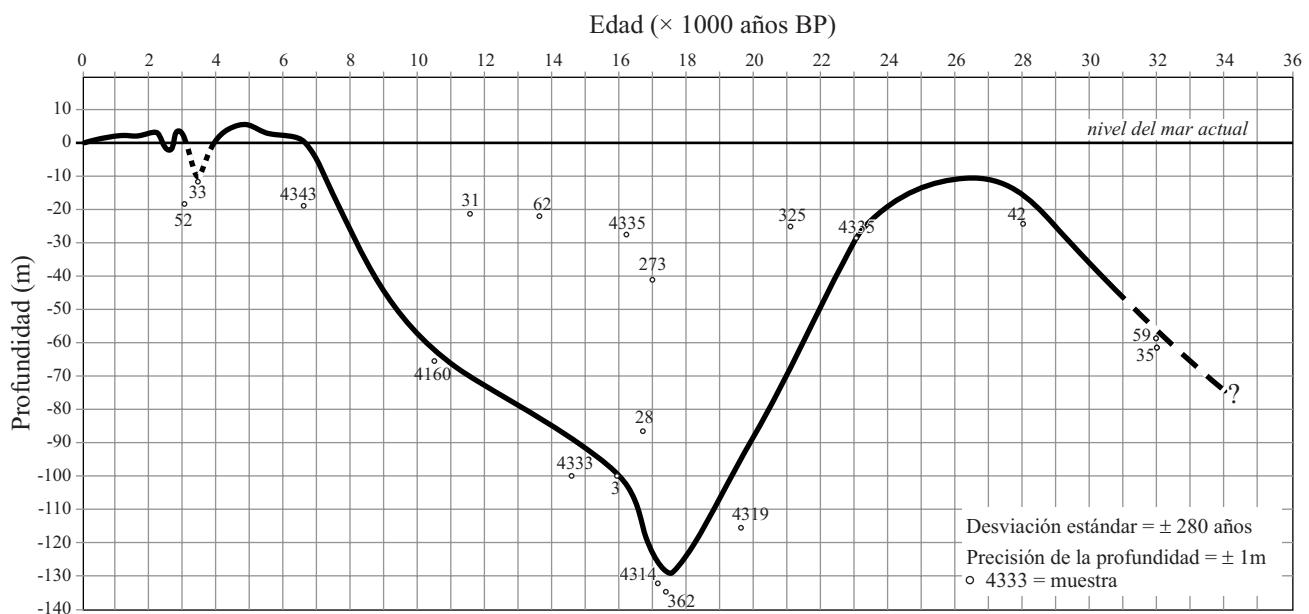


Figura 2. Curva eustática del nivel del mar para la plataforma continental de Rio Grande do Sul, Brasil (modificado de Corrêa, 1996).

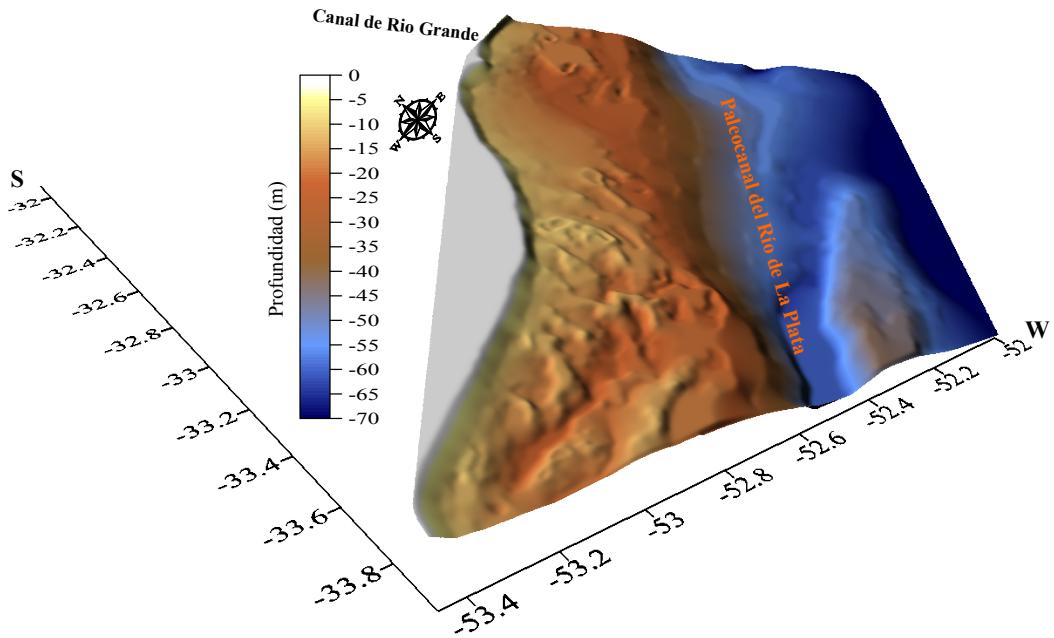


Figura 3. Modelo digital batimétrico de la zona de estudio.

La Figura 5 muestra tres perfiles basados en el mapa batimétrico de detalle elaborado para la construcción del modelo digital del terreno. Mediante el análisis de los perfiles obtenidos, se observó la presencia del paleocanal del Río de La Plata bien definido en los tres perfiles. El perfil 3, situado en la zona más al sur, presenta el paleocanal en forma de U coincidente con el observado en el registro de ecosonda (Figura 4). La profundidad observada es de aproximadamente 70 m por debajo del nivel actual. En los otros dos perfiles (perfils 1 y 2) el fondo del canal se ha convertido en una superficie más suave, probablemente debido a la sedimentación ocurrida durante la trasgresión. La profundidad observada es de aproximadamente 58 m por debajo del nivel actual.

EVIDENCIA DE UN NIVEL DEL MAR BAJO

Los testigos descriptos en este trabajo (Figuras 6, 7 y 8) incluyen restos de fauna y diferentes tipos de palinomorfos que pueden caracterizar la evolución de un ambiente continental hacia un ambiente mixohalino a marino somero.

Los testigos T-56 y T-47 presentan, en la secuencia fangosa de base, niveles de arena que caracterizan los cambios de energía del medio. Estos pueden ser considerados sedimentos depositados en un sistema estuarino o un canal de río.

El paleocanal de drenaje del Río de la Plata fue uno de los responsables del transporte de sedimentos que contribuyó a la formación de los depósitos sedimentarios del Cono de Río Grande.

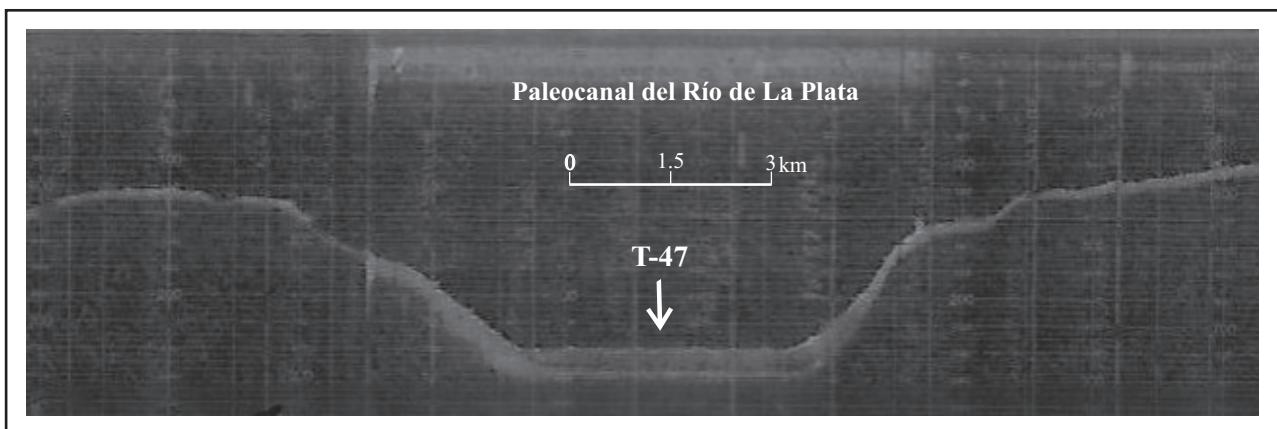


Figura 4. Registro de ecosonda del paleocanal del Río de la Plata y ubicación del testigo T-47.

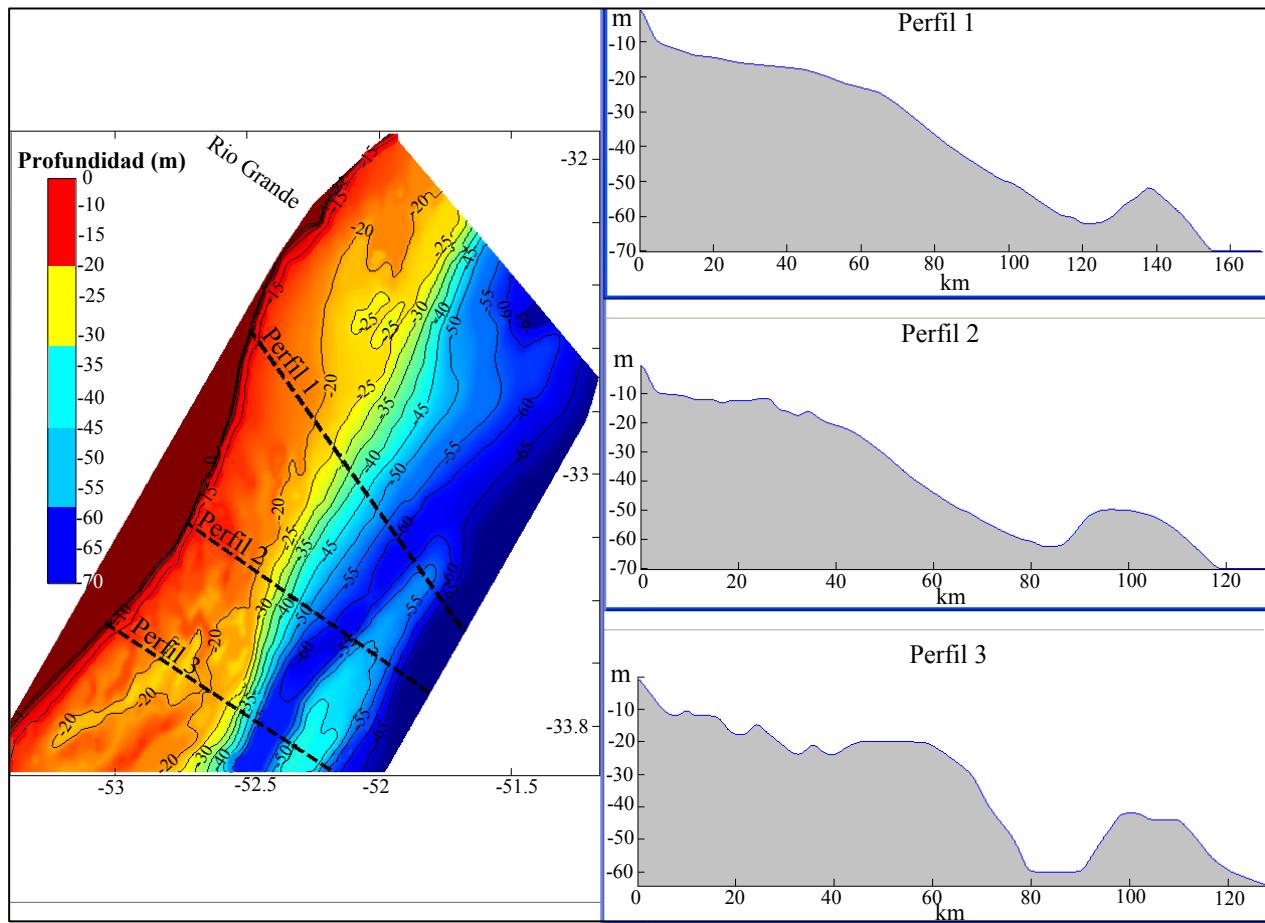


Figura 5. Perfiles batimétricos del paleocanal del Río de la Plata.

Descripción de los testigos

Testigo T-70

Profundidad: 65 m / longitud: 6.81 m. La secuencia sedimentaria está formada desde la base hasta los 2.10 m, por un fango compacto e intercalado por capas de fango más fluido. A partir de un contacto gradacional, esta secuencia fangosa pasa, en la parte superior (2.10 m a 1.10 m), a un fango arenoso homogéneo, pasando a un fango menos arenoso hasta la parte superior del testigo (Figura 6).

Bertels *et al.* (1984) estudiaron la fauna de este testigo y observaron, desde la base hasta el nivel de 2.10 m, una alternancia de niveles azoicos y de niveles con pobre microfauna. El nivel superior, de 2.10 m hasta el tope, tiene una fauna empobrecida, que se caracteriza por la reducción en el tamaño de los caparazones, lo cual se atribuye al aporte de sedimentos continentales.

Los estudios palinológicos reconocieron la presencia de diferentes palinomorfos. Además se hallaron frústulos de diatomeas y espículas de esponjas.

En el testigo se observa la presencia de fitolitos, con una porcentaje de 86% (muy frecuente), seguidos de espículas de esponjas y *Botryococcus* sp., con porcentaje de 50%

(frecuente), sucedidos por polen de *Phaeoceros* sp. con una porcentaje de 40% (frecuente). Los taxones poco frecuentes son formados por los polen de *Azolla filiculoides*, quistos de dinoflagelados de *Pheopolykrikos hartmannii* e palinomorfos fúngicos, los cuales presentan una frecuencia de 30%, seguidos de *Spiniferites* sp. con 22%, polen de Cyperaceae y diatomeas de agua dulce: *Navicula* sp., con 14%. Los otros taxones fueron clasificados como esporádicos (7%). (Tabla 1 y Figura 9).

En la base del testigo, a 5.50 m, aparece polen de angiospermas, especialmente de las plantas herbáceas pertenecientes a la familia Cyperaceae, Poaceae, Polygalaceae y Scrophulariaceae. También esporas de pteridofitas de la especie *Azolla filiculoides* seguida por *Alsophyla* sp., *Ophioglossum* sp. y *Osmunda* sp. Las esporas de briofitas son representadas por *Phaeoceros* sp. En la base del testigo fueron encontrados oogonios de carofitas pertenecientes al género *Chara* sp. que actualmente viven en ambientes de agua dulce. Además, se encontraron varios escolecodontes y palinomorfos de hongos. Los microfósiles de composición silícea son variables, representados por frústulos de diatomeas, espículas de esponjas y fitolitos. Se observa la presencia de materia orgánica particulada y amorfía. La

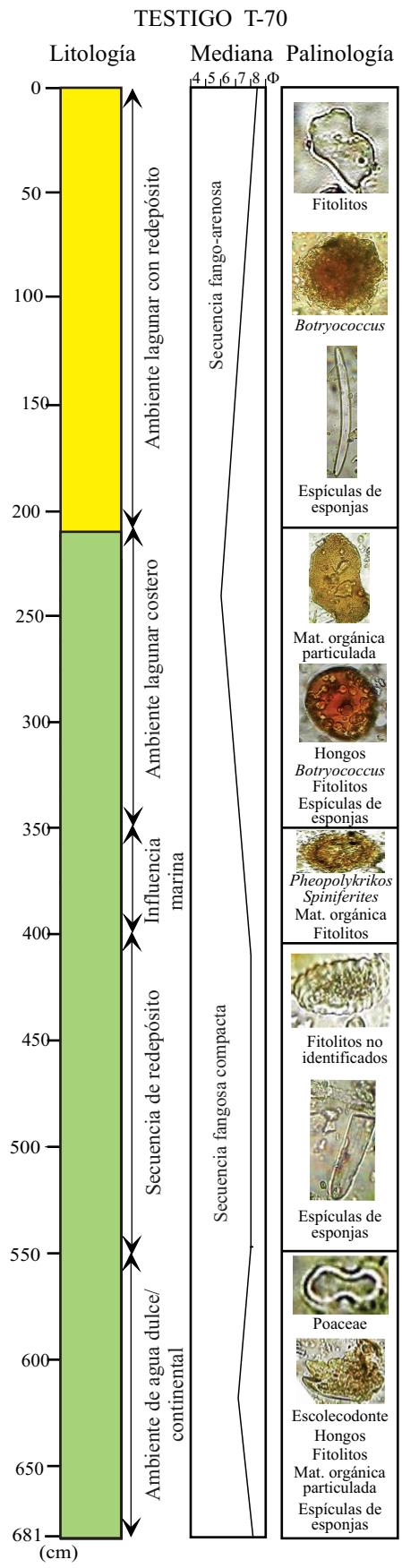


Figura 6. Testigo T-70. Descripción litológica y microfósilera.

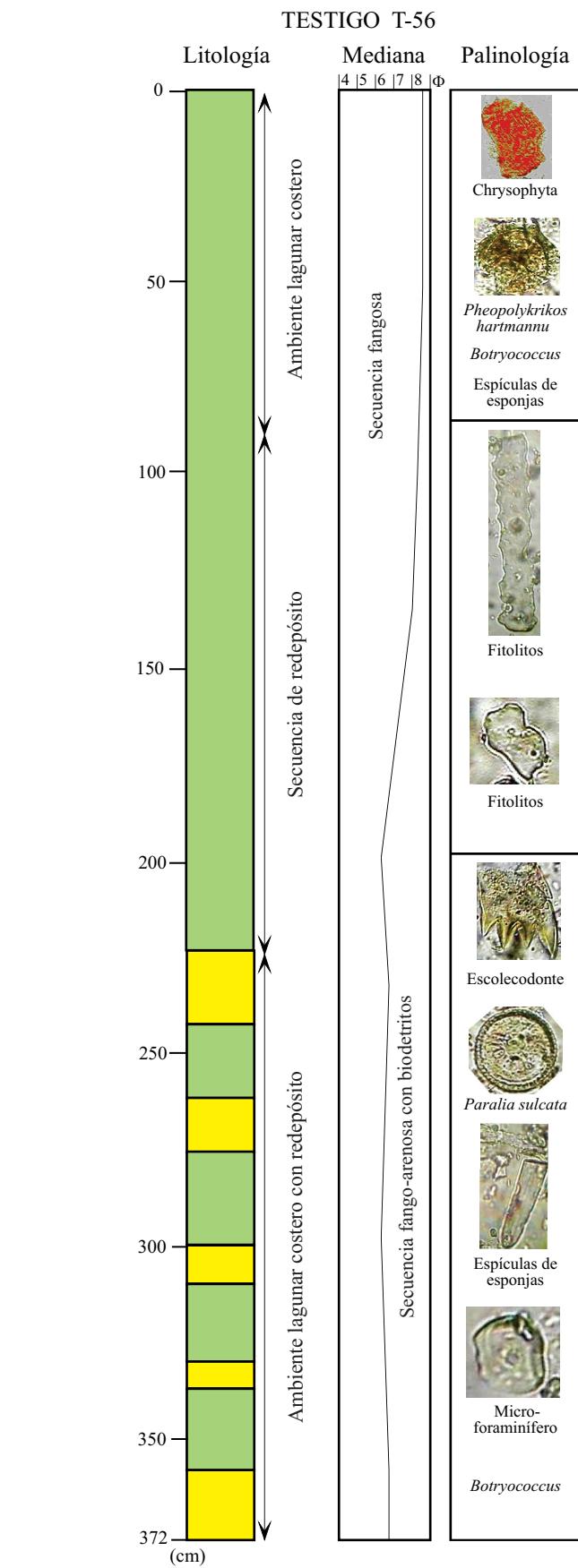


Figura 7. Testigo T-56. Descripción litológica y microfósilera.

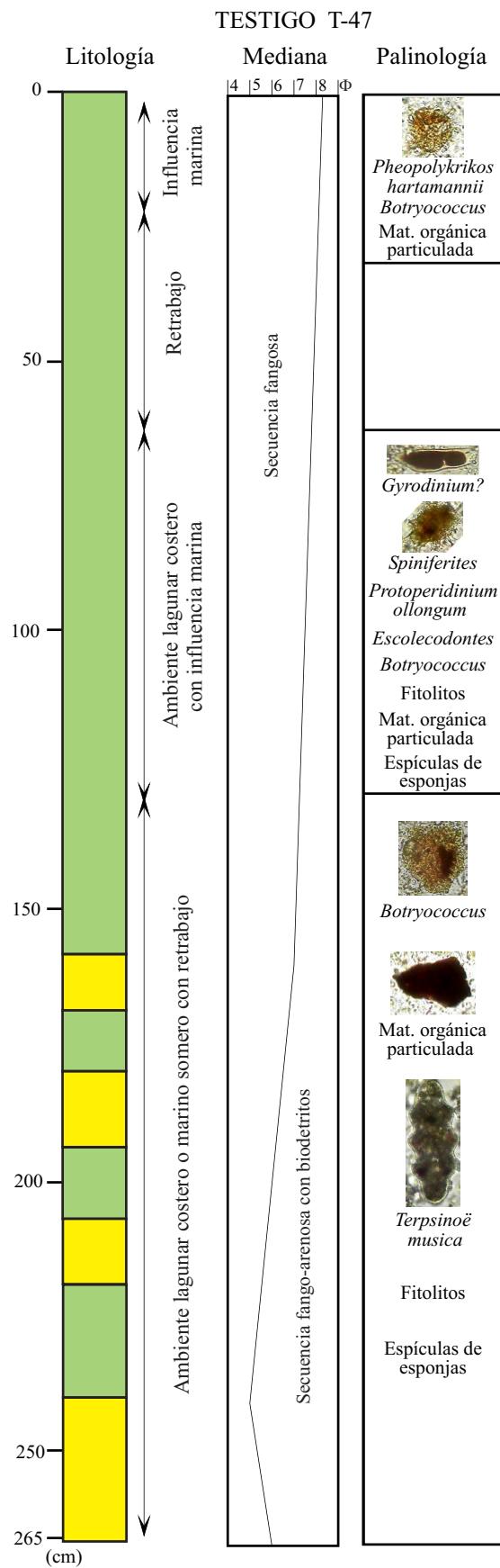


Figura 8. Testigo T-47. Descripción litológica y microfósilera.

asociación de estos palinomorfos caracteriza un ambiente de agua dulce y continental (Figura 6).

La sección comprendida entre 5.00 m y 4.00 m fue pobre en palinomorfos, sólo presentó materia orgánica amorfa, pocos fitolitos y algunas espículas de esponjas mal preservadas, interpretándose como resultado del redepósito (Figura 6).

La secuencia entre 4.00 m y 3.50 m se caracteriza por la presencia de esporas de Briofitas (*Anthoceros* sp. y *Phaeoceros* sp.). Los quistes de dinoflagelados marinos están representados por *Spiniferites* sp. y *Pheopolykrikos hartmannii*. Además, están presentes partículas de materia orgánica y algunos fitolitos. Esta sección podría ser caracterizada como de influencia marina (Figura 6).

Entre 3.50 m y 2.15 m dominan los palinomorfos de clorófitas representados por colonias de *Botryococcus* sp., así como también aparecen fitolitos y materia orgánica particulada. En menor proporción, en la base de esta sección, aparecen prasinofticeas, palinomorfos fúngicos y espículas de esponjas. En la parte superior domina polen de plantas herbáceas, principalmente mesófilas e hidrófilas, tales como *Cyperaceae*, *Typha* sp. y *Polygonum hydropiperoides*. Las esporas de plantas acuáticas están representadas por *Azolla filiculoides*. Otras esporas de pteridófitas distribuidas principalmente en las zonas húmedas son *Blechnum* sp., *Huperzia* sp., *Lycopodiella* sp., *Microgramma* sp., *Osumunda* sp. y *Polypodiaceae*, encontrándose principalmente en la parte superior de la sección. Entre las briofitas se halló *Phaeoceros* sp. La presencia de colonias de *Botryococcus* sp., a menudo registradas en los sedimentos superficiales de la Laguna de los Patos (Medeanic *et al.*, 2007), de polen y de esporas de plantas acuáticas perifíticas, caracterizan un ambiente lagunar costero (Figura 6).

El tope de la secuencia (2.15 m) es más pobre en palinomorfos, predominando los fitolitos, la materia orgánica amorfa, colonias de *Botryococcus* sp., espículas de esponjas y los briófitos *Phaeoceros* sp. En algunos niveles se encuentran esporas de pteridófitos acuáticos como *Azolla filiculoides*. También se encontraron taxones de diatomeas de agua dulce (*Navicula* sp.) y de agua marina/salobre (*Terpsinoë* sp. y *Paralia sulfata*). También se encontraron espículas de esponja y fitolitos de monocotiledóneas herbáceas pero fragmentadas y mal conservadas. La materia orgánica se encuentra amorfa y ocasionalmente particulada. Esta secuencia puede ser caracterizada como lagunar costera sujeta a redepositación (Figura 6).

Testigo T-56

Profundidad: 74 m / **longitud:** 3.72 m. La base de la secuencia (3.72 m a 2.40 m) está formada por sedimentos fangosos intercalados con arenas fangosas y presencia de biodetritos (Figura 7). La sección superior (2.40 m a 1.90 m) consiste de un fango arenoso que se convierte en un fango homogéneo hacia el tope. Hay una variación decreciente de la granulometría de los sedimentos de abajo hacia arriba, cambiando de limo a arcilla.

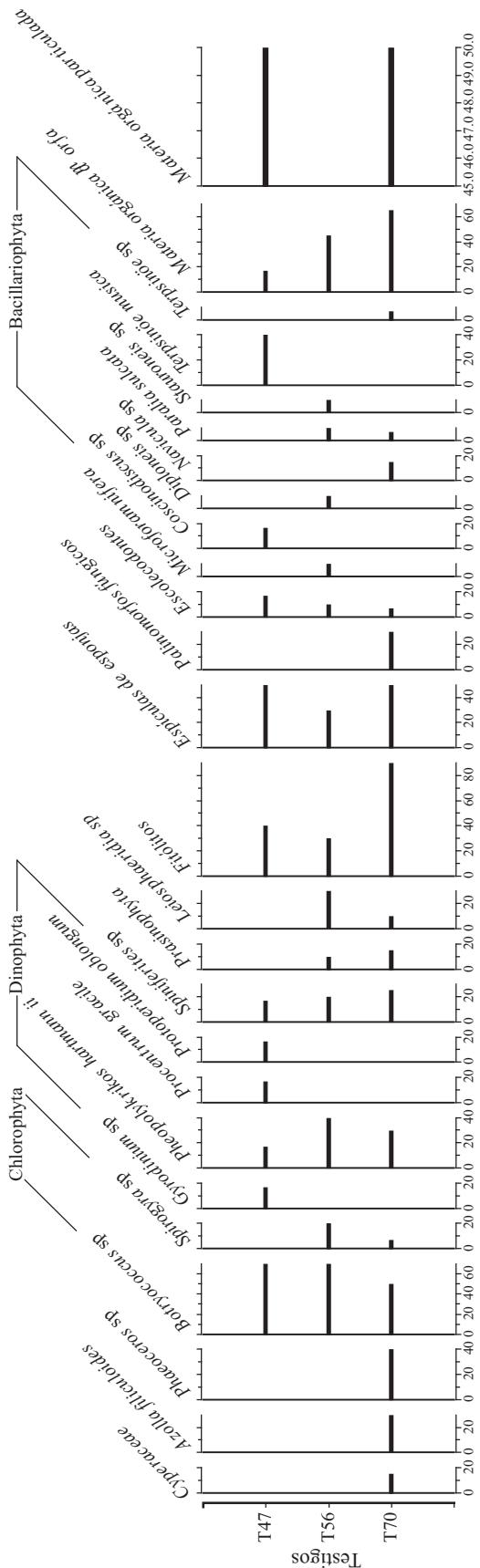


Figura 9. Diagrama de frecuencia (%) de polen, palinomorfos y otros microfósiles presentes en los sedimentos de los testigos T-47, T-56 y T-70.

Rodrigues y Carvalho (1980) examinaron muestras de un testigo cercano a éste y observaron que los foraminíferos bentónicos aumentan en abundancia y diversidad de abajo hacia arriba, mientras que los foraminíferos planctónicos están ausentes. Esta distribución puede estar relacionada con la fase final de un ciclo transgresivo.

En este testigo se observa la presencia de *Botryococcus* sp., con un porcentaje de 70%, considerado muy frecuente. Los quistes de dinoflagelados de *Pheopolykrikos hartmannii* son considerados frecuentes (40%), seguido por la presencia de fitolitos, espículas de esponjas y algas del género *Leiosphaeridia* con una porcentaje de 30% y *Spirogyra* (20%), considerados poco frecuentes (Tabla 1 y Figura 9).

El análisis de polen mostró que desde la base hasta 2.30 m, este testigo es dominado por los palinomorfos de Chlorophyta representados por colonias de *Botryococcus* sp. seguidos por *Spirogyra* sp., con aumento del primero en dirección a la parte superior de la secuencia. En la parte basal de la secuencia se observa la presencia de una prasinofticea de *Leiosphaeridia* sp. y algunos ejemplares de palinoforaminíferos. Los escolecodontes, los microforaminíferos, los fitolitos y las espículas de esponja (espongiforme) parecen disminuir de la base hasta el nivel de 2.30 m, mientras que los taxones de diatomeas marino/salobres (*Diploneis* sp., *Paralia sulfata*) y de agua dulce (*Stauroneis* sp.) aumentan ligeramente. La presencia de palinomorfos de cloroficeas dulceacuícolas y fitolitos, tal como la presencia de palinoforaminíferos y prasinofticeas, indicadores marinos, caracteriza el rango descrito como perteneciente a un ambiente lagunar costero (Figura 7).

En el intervalo de 2.30 m a 0.90 m se observa la presencia de materia orgánica amorfa y de fitolitos, caracterizando un ambiente de redepósito.

El intervalo de 0.90 m hasta el tope, presenta palinomorfos de Chlorophyta representados por colonias de *Botryococcus* sp., la especie *Pheopolykrikos hartmannii* (Dinophyta), *Leiosphaeridia* sp. (Prasinophyta) y espículas de esponjas. La materia orgánica particulada y amorfía es poco abundante. La presencia de palinomorfos de Chlorophyta de agua dulce y palinomorfos marinos, permite caracterizar el ambiente como lagunar costero. Sin embargo, su baja frecuencia y mala conservación indican que este paleoambiente está asociado con redepósito (Figura 7).

Testigo T-47

Profundidad: 78 m / longitud: 2.65 m. La base de la secuencia (2.65 m a 1.60 m), está formada por fango arenoso intercalado con niveles arenosos (Figura 8). El tope (1.60 m a 0 m) está formado por un fango de consistencia más plástica. Se observa material biodetrítico concentrado en los niveles 2.65 a 2.40 m, 2.22 a 2.10 m, 1.90 a 1.80 m y 1.70 a 1.60 m, así como una disminución del diámetro medio del sedimento de abajo hacia arriba, variando desde limo mediano a arcilla.

En la descripción palinológica de la base del testigo hasta 1.30 m, se constata la presencia de colonias

de *Botryococcus* sp. La materia orgánica, relativamente escasa, se encuentra en forma particulada. Los microfósiles silíceos están representados por fitolitos de plantas herbáceas, fragmentos de espículas de esponja y pocos frústulos de diatomeas marino/salobres (*Coscinodiscus* sp. y *Terpsinoë musica*). Esta secuencia está relacionada con un ambiente estuarino o marino somero, con retrabajo ocasionado por pequeñas fluctuaciones del nivel del mar (Figura 8).

En este testigo la presencia de *Botryococcus* sp. es muy frecuente (70%). Las espículas de esponjas se presentan con una porcentaje de 50%, mientras que los fitolitos y *Terpsinoë cf. musica* presentan un porcentaje de 40%, siendo considerados frecuentes. Mientras que la presencia de los dinoflagelados *Gyrodinium* sp., *Pheopolykrikos hartmannii*, *Procentrum gracile*, *Protoperdidium oblongum* y *Spiniferites* sp., junto con Escolecodontes y *Coscinodiscus* sp., fue considerada poco frecuente, con 17% de representatividad (Tabla 1 y Figura 9).

En el intervalo de 1.30 m a 0.60 m predominan colonias de *Botryococcus* sp., seguidas por quistes de dinoflagelados marinos tales como *Protoperdidium oblongum*, *Gyrodinium* sp. y *Spiniferites* sp., además de escolecodontes, partículas de materia orgánica, fitolitos y espículas de esponja. Una mezcla de palinomorfos de algas de ambiente lagunar costero representada por *Botryococcus* sp., quistes de dinoflagelados marinos y la presencia de escolecodontes, partículas de materia orgánica y fitolitos, caracterizan la secuencia como de ambiente lagunar costero con una mayor influencia marina (Figura 8).

En el intervalo de 0.60 m a 0.20 m no se observó la presencia de palinomorfos. Esto puede ser caracterizado como resultado de una secuencia de retrabajo causada por la transgresión marina.

El intervalo de 0.20 m hasta el tope, presenta colonias de *Botryococcus* sp., quistes de dinoflagelados (*Procentrum gracile* y *Pheopolykrikos hartmannii*) y escasa materia orgánica amorfa. Esta sección caracteriza un ambiente con influencia marina que pasa a lagunar costera o marina somera (Figura 8).

INFLUENCIA DEL RÍO DE LA PLATA EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL

Tomazelli (1978) y Corrêa (1987a) observaron la presencia de minerales pesados en la plataforma continental de Rio Grande do Sul, con el predominio de la asociación mineralógica augita-hiperstena en los sedimentos del paleocanal del Río de la Plata y adyacencias. Esta asociación mineralógica comprueba la hipótesis de una estrecha relación entre estos sedimentos y los sedimentos platenses, ya que esta asociación mineralógica es común en las rocas pampeanas de Argentina (Urien, 1967).

Martins (1978), al estudiar los sedimentos del área de los pozos de fango, los clasifica como una facies distal rela-

cionada al paleodrenaje del Río de la Plata en el Pleistoceno, cuando el nivel del mar era inferior al actual.

Martins *et al.* (2003) clasifican los sedimentos del paleocanal como fangos relictos y los interpretan como el producto del aporte del Río de la Plata en una situación de mar bajo, en el periodo de pretransgresión holocénica.

Al estudiar la plataforma continental externa y talud superior de la región adyacente al paleocanal del Río de la Plata, Dillenburg (1988) observó la presencia de material piroclástico (vidrio volcánico), en la mayor parte de las muestras analizadas. Etchichury y Remiro (1960) y Urien (1967) también constataron que es común la presencia de vidrio volcánico en los sedimentos de la plataforma continental y planicie costera de la región bajo la influencia del Río de La Plata (norte de Argentina y Uruguay). Etchichury y Remiro (1960) atribuyeron la presencia del vidrio volcánico encontrado en el estuario, la plataforma continental y adyacencias del Río de La Plata, al transporte eólico a partir de erupciones volcánicas andinas. Este material piroclástico transportado eólicamente hasta la planicie costera de la época debe haber sido redistribuido por los sistemas fluviales y marinos, confirmando la influencia del Río de La Plata en la contribución y distribución parcial de los sedimentos en la plataforma continental externa y talud.

De acuerdo con Dillenburg (1988) una mayor influencia en la sedimentación de la plataforma continental externa y talud superior, entre Río Grande y Chui (Brasil), parece haber sido ejercida por el antiguo sistema fluvial del Río de la Plata.

Costa y Ramos (1983), con base en un estudio de los sedimentos superficiales de la plataforma continental de Río Grande do Sul, indicaron el predominio del mineral arcilloso esmectita sobre illita, con la excepción de la zona del paleocanal del Río de la Plata, donde el predominio es del mineral arcilloso illita. Urien (1967) estudió los minerales de arcilla en el estuario actual del Río de la Plata, donde observó dos zonas distintas: una al sur, con predominio de esmectita y otra en la costa uruguaya, con predominio de illita. Los datos obtenidos por estos autores confirman la influencia del Río de la Plata en el área de estudio, transportando la illita y enriqueciendo los sedimentos del paleocanal.

De acuerdo con Campos *et al.* (2009), la presencia del paleocanal del Río de La Plata sobre la parte sur de la plataforma continental de Río Grande do Sul influye en la dirección del flujo de las diferentes masas de agua que se mueven actualmente en la región. Estos cuerpos de agua terminan influenciando la producción y distribución de los organismos marinos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según Corrêa (1986, 1990) y Corrêa y Toldo Jr. (1998) la transgresión holocénica comenzó a partir de la reducción de los glaciares alrededor de 17,500 años BP,

cuando el nivel del mar se encontraba a 130 m por debajo del actual (Figura 2).

Con el inicio de la transgresión, la plataforma de la época comenzó a inundarse, llegando a las zonas de estuarios, lagunas y llanuras costeras como lo indica la descripción de las pruebas palinológicas y sedimentarias analizadas en este trabajo.

La superficie del MDB obtenida a partir de los datos batimétricos y de ecosonda disponibles permitió una buena representación morfológica de parte del paleocanal del Río de la Plata, sobre la plataforma continental de Rio Grande do Sul, el cual presenta una dirección preferencial de SO a NE.

En la descripción del testigo T-47 (profundidad de 78 m por debajo del nivel actual) se observa que, desde la base hasta el tope, la secuencia transgresiva pasa de un ambiente de retrabajo (costero) a un ambiente de mezcla de aguas y, finalmente, a un ambiente con influencia marina. La edad de esta secuencia, según la curva de variación del nivel del mar (Corrêa 1996), es de aproximadamente 12,500 años BP (Figuras 2 y 10).

Con la continuación de la transgresión marina, el área de la antigua desembocadura del paleocanal de drenaje del Río de la Plata se fue inundando, como señala la descripción del testigo T-56 (profundidad de 74 m por debajo del nivel actual), donde, de la base al tope, las secuencias sedimentarias pasan de un ambiente lagunar de agua dulce, seguido de un pequeño intervalo regresivo, volviendo a lagunar costero y finalmente regresando a un ambiente lagunar-estuarino. Este nivel, según la curva de variación de nivel del mar de Corrêa (1996), presenta una edad aproximada de 11,600

años BP (Figuras 2 y 10).

El testigo T-70 (profundidad de 65 m por debajo del nivel actual) de la sección sur del canal comenzó a depositarse en un ambiente de agua dulce, pasando a un ambiente de redepósito con influencia marina, luego a un ambiente estuarino-lagunar y terminando con un ambiente de redepósito por influencia marina. Según la curva de variación de nivel del mar de Corrêa (1996), este nivel presenta una edad aproximada de 10,400 años BP cuando, poco después, ocurre una estabilización del nivel del mar en -60 m, a los 10,000 años BP, retrabajando los sedimentos y inundando el paleocanal en esta región (Figuras 2 y 10).

Con base en las evidencias sedimentológicas y palinológicas de los tres testigos de la plataforma continental de Rio Grande do Sul se pudo caracterizar las secuencias de depósito transgresivas junto al paleocanal del Río de la Plata. La interpretación fue posible a través de los registros ecobatimétricos y del análisis palinológico de los sedimentos obtenidos a partir de los testigos recogidos en la base del paleocanal.

Las secuencias palinológicas muestran un ambiente con influencia marina que pasa a mixohalino, lagunar costero y continental de agua dulce, desde el norte hasta el extremo sur del paleocanal.

Desde el punto de vista sedimentológico, la capa sedimentaria es de origen fluvio-estuarino, originada por el drenaje del Río de la Plata relacionado con la antigua llanura costera pleistocénica y el ascenso del nivel del mar ocurrido durante la transgresión del Holoceno.

Los datos aquí analizados proporcionan nueva infor-

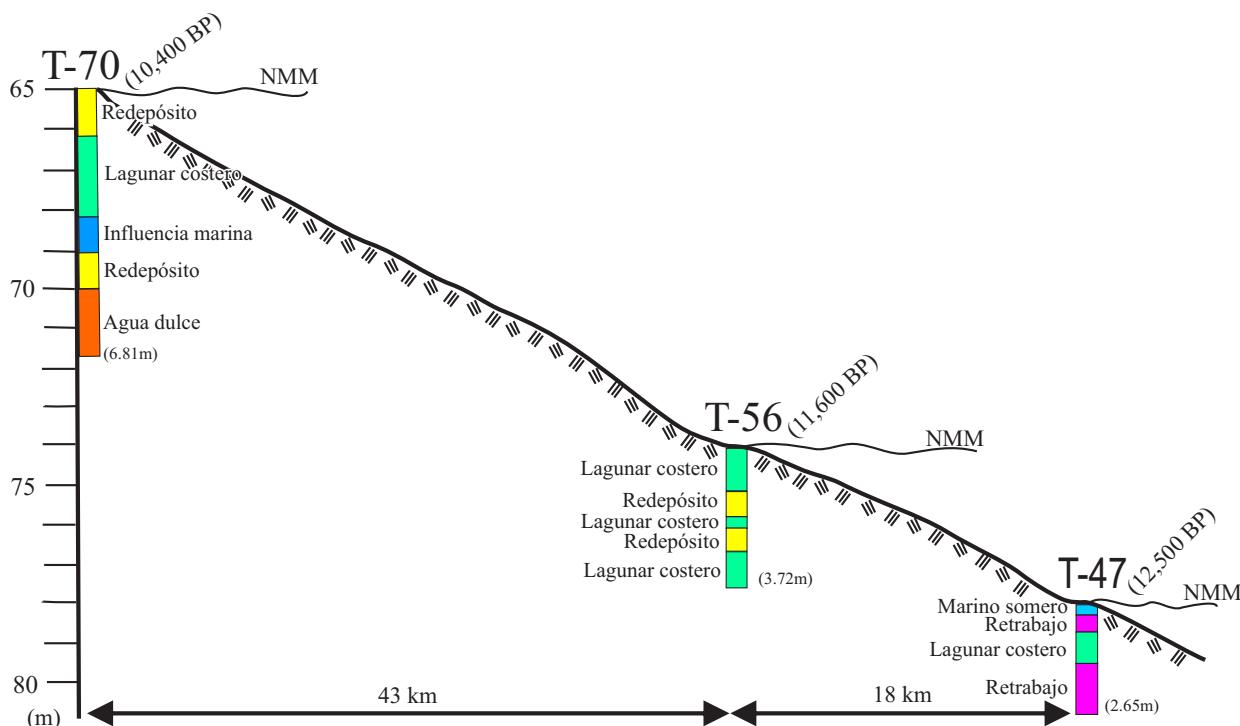


Figura 10. Perfil paleoevolutivo del paleocanal del Río de la Plata.

mación para la comprensión de la influencia y del aporte de sedimentos del Río de la Plata sobre la plataforma continental del Sur de Brasil.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CNPq (procesos nº 560661/2008-1, 500931/2007-0, 8300437/2009-9, 470915/2010-2, 471518/2010-7 y 370274/2011-3) y FAPERGS (proceso nº 09510618 y 11/0204-7) por las becas y ayudas financieras recibidas. Se agradece el apoyo del técnico de laboratorio Gilberto Silveira dos Santos y al ayudante de laboratorio Jonas Lawall dos Santos, por los análisis sedimentológicos realizados, así como a la oceanoóloga María Pivel por la corrección del español.

REFERENCIAS

- Abreu, J.G.N., Calliari L.J., 2005, Paleocanais na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul - Evidências de uma drenagem fluvial pretérita: Revista Brasileira de Geofísica, 23(2), 123-132.
- Asmus, H.E., 1981, Geologia das Bacias Marginais Atlânticas Mesozoico-Cenozóicas do Brasil, *en* Volkheimer, W., Musacchio, E.A. (eds.), Cuencas Sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur: Buenos Aires, Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico, 1, 127-155.
- Ayup-Zouain, R.N., 1987, Intercâmbio sedimentar entre o rio de La Plata exterior e a plataforma continental adyacente: Instituto de Geociências, Revista Pesquisas, 19, 105-126.
- Batten, D.J., 1996, Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation, *en* Jansonius, J., McGregor, D.J. (eds.), Palynology principles and applications: Dallas, TX., American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1011-1064.
- Bertels, A., Kotzians, S., Madeira-Falcetta, M., Thiesen, Z., 1984, Notas preliminares sobre a micropaleontologia da plataforma e talude do Rio Grande do Sul: Instituto de Geociências, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), Notas Técnicas, 4, 27-32.
- Brasier, M.D., 1992, Microfossils: Londres, Chapman y Hall, 193 pp.
- Campos, P.C., Weigert, S.C., Madureira, L.S.P., 2009, Ecobatimetria e características acústicas do leito oceânico na região do canal do Albardão, Rio Grande do Sul, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Atlântica, 31(1), 5-23.
- Chiocci, F., 2001, Continental shelf morphoestratigraphic features due the last sea level rise: certainties and uncertainties with examples of Mediterranean shelf, *en* Proceeding of 1st Annual Conference of Continental Shelves during the last Glacial Cycles, UNESCO, IGCP Project 464.
- Conti, L.A., 2009, Evidências da evolução dos sistemas de paleodrenagens na plataforma continental da região de São Sebastião (litoral norte do estado de São Paulo): Revista Brasileira de Geofísica, 10(2), 45-55.
- Cordazzo, C.V., Stürmer, S.L., 2007, Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em *Panicum racemosum* e Spreng (Poaceae) em dunas costeiras do extremo sul do Brasil: Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Atlântica, 29(1), 65-68.
- Corrêa, I.C.S., 1986, Evidences of sea level fluctuation in the Rio Grande do Sul Continental Shelf-Brazil: Quaternary South America, 4, 237-247.
- Corrêa, I.C.S., 1987a, Sedimentos superficiais da plataforma e talude continental do Rio Grande do Sul: Instituto de Geociências, Revista Pesquisas, 19, 95-104.
- Corrêa, I.C.S., 1987b, Plataforma continental do Rio Grande do Sul: síntese de conhecimentos, *en* Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste do Brasil, Cananéia-São Paulo, São Paulo, 2, 50-73.
- Corrêa, I.C.S., 1990, Analyse Morphostructurale et Evolution Paléogéographique de la Plata-Forme Continentale Atlantique Sud-Brésilienne (Rio Grande do Sul-Brésil): Bordeaux, Francia, Université de Bordeaux I, thèse (docteur), 314 pp.
- Corrêa, I.C.S., 1996, Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Brésil: Marine Geology, 130(1/2), 163-178.
- Corrêa, I.C.S., Toldo Jr., E.E., 1998, The sea level stabilization in the Rio Grande do Sul Continental Shelf, Brazil: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 70(2), 213-219.
- Corrêa, I.C.S., Martins, L.R.S., Kettner, J.M., Elias, A.R.D., Martins, R., 1996, Evolução sedimentológica e paleogeográfica da plataforma continental sul e sudeste do Brasil: Instituto de Geociências, Centro de Estudo de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), Notas Técnicas, 9, 51-61.
- Costa, C., Ramos, F.T., 1983, Argilo-minerais na plataforma continental sul-brasileira do cabo Santa Marta ao Chuí: Instituto de Geociências, Revista Pesquisas, 15, 86-93.
- Dillenburg, S.R., 1988, Contribuição à evolução paleogeográfica quaternária da plataforma continental do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Curso de Pós-Graduação em Geociências, Tesis de maestría, 77 pp.
- Etchichury, M.C., Remiro, J.R., 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 del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, 4(4), 197-263.
- Faegri, K., Iversen, J., 1975, Textbook of pollen analysis: Amsterdam, Scientific Publications, 295 pp.
- Figueiredo Jr., A.G., Madureira, L.S.P., 2004, Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação das províncias sedimentares na região Sudeste-Sul do Brasil: Série Documentos do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) – Score Sul, 64 pp.
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957, Brazos River bar: a study on the significance of grain size parameters: Journal of Sedimentary Petrology, 27(1), 3-26.
- Isla, F.I., Madriolas, A., 2009, Submerged Pleistocene highstand at the inner shelf of the Rio de la Plata: The asymmetry of the La Plata (Pez Limón) bank: Thalassas, 25(2), 21-26.
- Jankovská, V., Komárek, J., 2000, Indicative value of *Pediastrum* and other coccol green algae in Palaeoecology: Folia Geobotanica, 5, 59-82.
- Jarzen, D.M., Elsik, W.C., 1986, Fungal palynomorphs recovered from recent river deposits, Luangwa Valley, Zambia: Palynology, 10, 35-60.
- Juggins, S., 2003, C2 software for ecological and palaeoecological data analysis and visualization, version 1.5: Newcastle University, 72 pp.
- Kowsmann, R.O., Costa, M.P.A., 1979, Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes: Rio de Janeiro, Brasil, Série Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC), 8, 1-55.
- Kowsmann, R.O., Costa, M.P.A., Vicalvi, M.A., Coutinho, M.G.N., Gamboa, L.A.P., 1977, Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul-brasileira, *en* Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do sul do Brasil: Rio de Janeiro, Brasil, Petrobras, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC), 7-26.
- Laborde, J.L., 1999, Sand deposits of the outer Rio de La Plata and adjacent continental shelf, *en* Martins, L.R., Santana, C.I. (eds.), Non-living resources of the southern Brazilian coastal zone and continental margin: Porto Alegre, Brasil, Programme on Ocean Science in Relation to Non Living Resources (OSNLR), 80-91.
- Martins, I.R., 1984, Modelo sedimentar do Cone de Rio Grande: Instituto de Geociências, Revista Pesquisas, 16, 91-189.
- Martins, L.R.S., 1978, Operação GEOMAR IV, Geologia Marinha: Rio

- de Janeiro, Diretoria de Hidrografia e Navegação, Boletim DG32-IV, 1-19.
- Martins, L.R.S., Martins, I.R., Urien, C.M., 2003, Aspectos sedimentares da plataforma continental na área de influência do rio de La Plata: Instituto de Geociências, Gravel, 1, 68-80.
- Martins, L.R.S., Urien, C.M., Martins, I.R., 2005, Gênese dos sedimentos da plataforma continental Atlântica entre o Rio Grande do Sul (Brasil) e Tierra del Fuego (Argentina): Instituto de Geociências, Gravel, 3, 85-102.
- Mateucci, S.D., Colma, A., 1982, Metodología para el estudio de la vegetación: Washington, The General Secretarial of the Organization of American States, Serie Biología, Monografía, 22, 167 pp.
- Medeanic, S., Corrêa, I.C.S., 2007, Silicoflagellate *Dictyocha* Ehrenberg from the middle Holocene sediments in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil: Revista Española de Micropaleontología, 39(3), 73-86.
- Medeanic, S., Corrêa, I.C.S., 2010, Climatic changes in the coastal plain of the Rio Grande do Sul state in the Holocene: palynomorph evidences: Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5(2), 287-297.
- Medeanic, S., Corrêa, I.C.S., Weschenfelder, J., 2007, Palinomorfos nos sedimentos de fundo da laguna dos Patos-RS, Aplicação nas reconstruções paleoambientais: Instituto de Geociências, Gravel, 5(2), 89-102.
- Medeanic, S., Cordazzo, C.V., Corrêa, I.C.S., Mirlean, N., 2008, Os fitólitos em gramíneas de dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade morfológica e importância nas reconstruções paleoambientais costeiras: Instituto de Geociências, Gravel, 6(2), 1-14.
- Medeanic, S., Cordazzo, C.V., Corrêa, I.C.S., Mirlean, N., 2009a, Notas sobre fitólitos em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer no extremo sul do Brasil: Tipos morfológicos e uso nas paleoreconstruções costeiras: Instituto de Geociências, Gravel, 7(1), 31-36.
- Medeanic, S., Torgan, L.C., Clerot, L.C.P., Bahi dos Santos, C., 2009b, Holocene marine transgression in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil: palynomorph and diatom evidence: Journal of Coastal Research, 25(1), 224-233.
- Pantic, N., Bajaktarevic, Z., 1988, Nannoforaminifera in palynological preparations and slides from Mesozoic and Tertiary deposits in Central and Southeast Europe: Revue de Paléobiologie, volumen especial 2, Benthos'86, 953-959.
- Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.G.P., 1980, Curvas paleoclimáticas com base em foraminíferos de testemunhos da plataforma sul-brasileira: Anais da Academia Brasileira de Ciências, 52(3), 617-625.
- Tomazelli, L.J., 1978, Minerais Pesados da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Acta Geológica Leopoldensia, 2(5), 103-159.
- Tyson, R., 1995, Sedimentary Organic Matter: Londres, Chapman and Hall, 595 pp.
- Urien, C.M., 1967, Los sedimentos modernos del Río de La Plata exterior: Buenos Aires, Boletín del Servicio de Hidrografia Naval, 4(2), 113-213.
- Urien, C.M., 1970, Les rivages et le plateau continental de Sud du Brésil, de l'Uruguay et de l'Argentine: Quaternária, 12, 57-69.
- Urien, C.M., Ewing, M., 1974, Recent sediments and environment of Southern Brazil, Uruguay, Buenos Aires and Rio Negro continental shelf, in Burk, C.A., Drake, C.L. (eds.), The Geology of Continental Margins: Springer Verlag, 157-177.
- Urien, C.M., Martins, L.R.S., 1974, Sedimentos da plataforma continental sul-americana entre cabo Santa Marta (Brasil) e Terra do Fogo (Argentina), Parte 1: textura sedimentar e origem, en XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre: São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia (SBG), Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 3, 213-223.
- Urien, C.M., Martins, L.R.S., 1989, Southern Brazil, Uruguay and Argentina: Late Pleistocene events modeling a sequential stratigraphic analysis, en International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary: past, present, future, São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Special Publication, 1, 197-208.
- van Geel, B., 1976, Fossil spores of Zygynemataceae in ditches of a prehistoric settlement in Hoogkarspel (The Netherlands): Review of Palaeobotany and Palynology, 22, 337-344.
- van Geel, B., van der Hammen, T., 1978, Zygynemataceae in Quaternary Colombian sediments: Review of Palaeobotany and Palynology, 25, 377-392.
- van Veen, F.R., 1957, Microforaminifera: Micropaleontology, 3(1), 74-74.

Manuscrito recibido: Febrero 24, 2012

Manuscrito corregido recibido: Agosto 8, 2012

Manuscrito aceptado: Septiembre 10, 2012