

# Contribución del georadar a la estratigrafía del delta del Río Paraná (Argentina): Primeros resultados

*Gpr stratigraphic structure of the Paraná delta (Argentina): Preliminary results.*

F. Colombo <sup>(1)</sup>, L. Rivero <sup>(2)</sup> y A. Casas <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines. Fac. Geologia. Universitat de Barcelona. C/Martí-i-Franquès s/n E-08028 Barcelona. Email: colombo@ub.edu

<sup>(2)</sup> Departamento Geoquímica, Petrología i Prospecció Geològica. Fac. Geologia. Universitat de Barcelona. C/Martí-i-Franquès s/n E-08028 Barcelona. Email: lrivero@ub.edu

## ABSTRACT

An important research object when studying river deltas is predicting their internal structure, stratigraphy, lithofacies, depositional history and volume of sand or gravel accumulated. Until recently, prediction was based on morphologic-depositional models developed by comparing surface sediment texture and morphology with subsurface structure in carved exposures and/or drill cores. While this approach is commonly used to make a first approximation about delta structure and processes, ground-penetrating radar now provides a more accurate alternative, at low cost and without disturbance to the ground. Ground-penetrating radar (GPR) was used to image the internal structure of the Paraná River Delta (Argentina). The topographically low parts of some deltas are unsuitable for ground penetrating radar method because the existence of marine conditions and fine-grained sediments deposited in restricted environments, creating an electrically conductive medium unfavorable for the penetration of radar waves. Then, the second aim was test the ability of GPR to acquire enough subsurface information for radar-facies imaging of the complete structure

**Key words:** Ground Penetrating Radar(GPR), Paraná Delta, Stratigraphy.

Geogaceta, 41 (2007), 55-58  
ISSN: 0213683X

## Introducción

El Río Paraná es el segundo río en importancia de Sudamérica después del Río Amazonas si tenemos en cuenta la longitud y el caudal. Este río ha generado un importante Delta al llegar al estuario del Río de la Plata. El Delta del Río Paraná se ha formado por la acumulación de sedimentos transportados por el río en el contexto de un confinamiento topográfico, cuyo desarrollo está controlado de forma básicamente longitudinal. Se halla situado en la parte interior del estuario del Río de la Plata (Fig. 1) y se ha desarrollado en un contexto de agua dulce.

Es posible reconocer diferentes medios sedimentarios en el delta, cuya distribución en forma paralela a la playa indica diferentes episodios del nivel del mar. La existencia de diferentes ambientes sedimentarios ha sido previamente discutida (Colombo *et al.*, 2000; Cavallo *et al.*, 2005). Aun teniendo en consideración el contexto sedimentológico global, este trabajo plantea una interpretación alternativa sobre la formación de los *beach ridges* y también de la Unidad Ibi-

cuy, formalmente descrita (Iriondo, 1980) como una isla relicta formada durante el Holoceno. El objetivo de este estudio es demostrar, mediante la aplicación de la técnica del radar de subsuelo (*Ground Penetrating Radar-GPR*) que la Unidad Ibicuy corresponde a una formación deltaica y no a una isla relicta.

## Metodología

Los perfiles de geo-radar se adquirieron con un equipo Måla modelo Ramac-2 usando un juego de antenas de 100 MHz separadas 1 m. Se tomaron secciones de 500 m de longitud siempre que esto fue posible, haciendo coincidir el final de cada una de estas secciones con el inicio de la siguiente. El registro de las trazas se llevó a cabo a partir de 16 *stacks* medidos cada 0,080 ns. Para estimar la velocidad real de los sedimentos se realizaron diferentes perfiles de tipo CMP (*Common Mid Point*). La interpretación de los mismos ha demostrado que la velocidad media de estos sedimentos objeto de estudio es de 0,8 m/ns, que corresponde a la velo-

cidad de arena seca. Según Davis y Annan (1989) la resolución vertical se estima entre un cuarto y la mitad de la longitud de onda, con una antena de 100 MHz la resolución vertical es de entre 25 y 50 cm.

Los perfiles de GPR se realizaron de forma perpendicular a la estructura oriental de la Unidad Ibicuy. Asimismo, se realizaron otros perfiles cortando unidades similares en la parte este del Río Paraná. No todas ellas tuvieron la misma calidad ni la misma capacidad de penetración debido a la atenuación de los pulsos electromagnéticos en función de la naturaleza de los materiales. La característica más importante que podemos observar en los perfiles que se muestran en este estudio, es la presencia de facies con disposición sigmoidal relacionadas con el sistema deltaico progradante en el área de Ibicuy. En el perfil llamado Azotea (Fig. 2) aparece un sistema progradante único. Esta estructura empieza aproximadamente en la posición 20 m del perfil y es continua hasta el final del mismo.

La distribución asintótica de estos reflectores es claramente visible en la parte



Fig. 1.- Situación del área de Ibicuy en el Delta del Río de la Plata

Fig. 1.- Location of Ibicuy area on the Río de la Plata Delta

superior e inferior, especialmente en el *line-draw*. En este perfil de radargrama la estructura es poco profunda, la parte inferior se halla solo a unos 3m de la superficie. Este perfil no se pudo continuar debido a la existencia de una zona encharcada donde fue imposible registrar con el georadar.

El perfil registrado en la zona de la estación de tren de Ibicuy es más largo que el anterior (950m) y tuvo que terminarse por los mismos motivos de imposibilidad de paso. En este perfil se pueden observar tres estructuras deltaicas que corresponden a diferentes edades. El perfil se halla representado en dos secciones separadas para observar mejor los detalles. Aproximadamente en la posición 350m de la primera sección del perfil aparece un reflector muy energético a 100 ns de tiempo doble. Este reflector está relacionado con una estructura erosiva. La propagación del Delta del Río Paraná rellena este espacio, formando una estructura *onlap*. Esta estructura continua en la segunda parte del perfil hasta el metro 200 de este segundo sector. Es interesante observar que esta estructura de programación está presente en la posición 300 m de la segunda parte del perfil (Fig. 3), pero en una posición más superficial. Esto indica un nuevo episodio de erosión y programación en un periodo más reciente. Otro ejemplo de estructuras sedimentarias en deltas lacustres en Canadá han sido publicados por Jol y Smith

(1991), Humberger *et al.* (1994) y Smith y Jol (1997).

### Discusión

Las transectas se han realizado con el objetivo de dilucidar la geometría de los diferentes frentes deltaicos. Así, han proporcionado nuevos datos que inducen a pensar en el desarrollo de grandes cuerpos progradantes. La progradación se realizaría en función del aporte más o menos continuado de sedimentos, de la existencia de un espacio de acomodación adecuado y en relación con las oscilaciones relativas del nivel del mar en la zona estudiada.

En la zona de la Azotea (Fig. 2) se aprecia la existencia de varios reflectores inclinados hacia la derecha, aproximadamente con componente Sur, que sugieren diferentes episodios repetitivos de progradación. Como hacia la base esos reflectores tienen una disposición aproximadamente horizontal, se supone que debieron existir cambios sutiles en el grosor de la lámina de agua marina que, en este sector del fondo del estuario del Río de la Plata, podrían flejar cambios importantes en la oscilación relativa del nivel del mar. Así, aunque la progradación del cordón litoral (restinga) se efectuaría en un momento de estabilidad relativa del nivel del mar y como consecuencia directa de la distribución de los materiales condicionada por las corrientes inducidas (hacia el

NW) por la propia dinámica del estuario del Río de la Plata (Colombo *et al.*, 2000), existirían variaciones de orden menor.

En el sector próximo a la localidad de Ibicuy existe una geoforma de grandes dimensiones que fue interpretada como una isla antigua alrededor de la cual se situarían diversos cordones de playa (Iriando, 1980). Actualmente se conoce (Colombo *et al.*, 2000) que en esa posición no existió ninguna isla durante el periodo de acumulación de los sedimentos estudiados (aprox. 6.000 aBP; Cavallotto *et al.*, 2005). Esto hubiera ocasionado un importante obstáculo a la circulación levógiara de las corrientes activas principales que actuaron en ese sector del Estuario del Río de la Plata durante el Cuaternario. Por tanto, se impediría la generación de los cordones de playa que se extienden ampliamente por el sector entrerriano del área estudiada.

La transecta realizada en las cercanías de la estación del ferrocarril muestra la existencia de tres cuerpos superpuestos con estructuras mayores interpretadas como tres episodios diferentes de progradación (Fig. 3). Así resulta que primero, y en relación a un nivel del mar relativamente estable, se generó un frente deltaico inicial con unos *foresets* de progradación claramente visibles hacia el metro 300 y siguientes. Luego hubo una caída relativa del nivel del mar, cifrada entre 1m y 75cm, evidenciada por una clara discontinuidad en los reflectores,

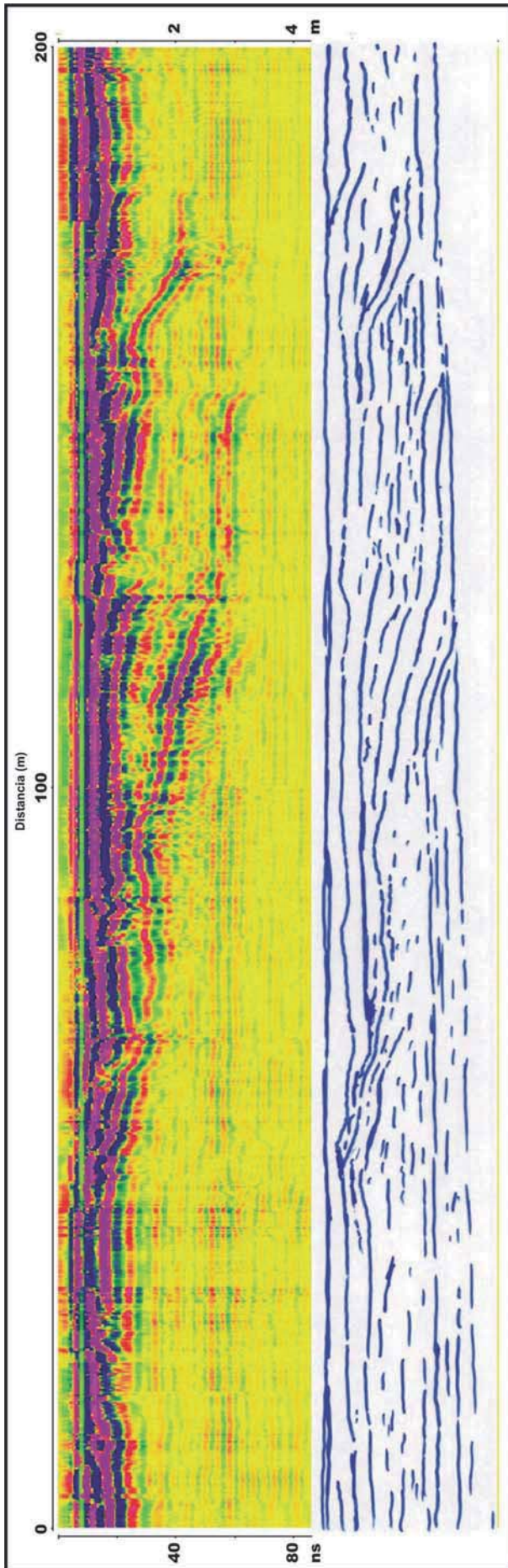


Fig. 2.- Parte del perfil de la Azotea.

Fig. 2.- Part of GPR profile named Azotea.

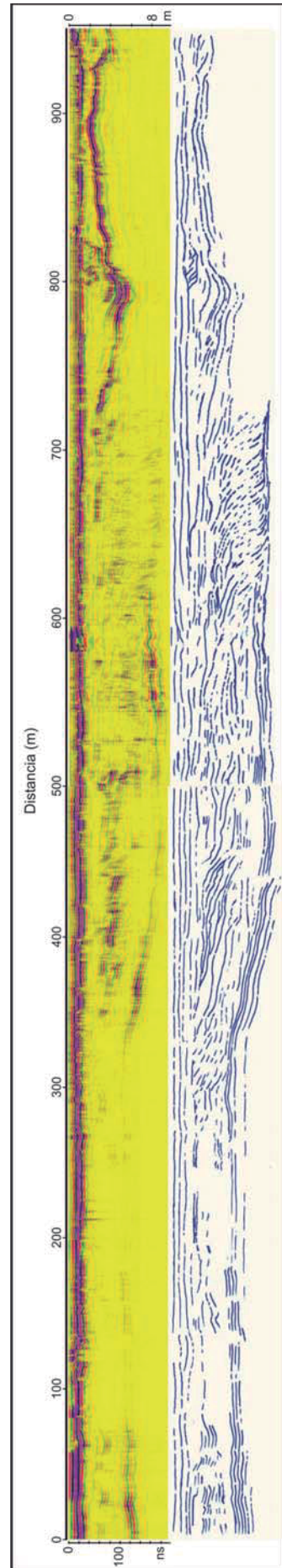


Fig. 3.- Sección GPR completa (950m) del perfil denominado Estación de Ibicuy.

Fig. 3.- Complete GPR section (950m) of the Ibicuy railway Station profile.

que condicionó el desarrollo de otro frente deltaico evidenciado por los *foresets* que aparecen sobre el metro 400 y siguientes. La etapa posterior implica una caída del nivel del mar del orden de 85cm, evidenciado por una discontinuidad muy marcada y por un amplio desarrollo de *foresets* sigmoidales claramente visibles en la zona comprendida entre los 600 y 700m. Finalmente el mar alcanzó el nivel relativo actual de 0m. Hay que tener en cuenta que los valores de oscilación relativa del nivel del mar están referenciados al nivel de las vías del ferrocarril y no corresponden a cotas absolutas. El nivel topográfico actual está muy influenciado por la actividad eólica posterior.

### Conclusiones

El análisis por georadar de las transectas efectuadas, permite conocer

que en los lugares estudiados existe un crecimiento más o menos moderado de la restinga (Azotea) y una progradación de los frentes deltaicos (Zona de Ibicuy). Además se han podido detectar diferentes oscilaciones relativas del nivel del mar que son coherentes con la posición de unos 6-7m por encima del nivel medio actual, hace unos 6000aBP. Por tanto, se ha producido un descenso continuado del nivel del mar en una zona en la que no se han detectado movimientos sísmicos ni tectónicos sincrónicos y significativos.

### Agradecimientos

Al Servicio de Hidrografía Naval de la República Argentina que proporcionó el soporte logístico de varias campañas de campo en el Estuario del Río de la Plata y en el Delta del Río Paraná. El trabajo ha recibido financiación parcial del Proyecto BTE2002-04316-CO3-01 del Mi-

nisterio de Educación y Ciencia. Grup de Qualitat de la Generalitat de Catalunya 2005SRG00397.

### Referencias

- Cavallotto, J.L., Violante, R., Colombo, F. (2005). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60, 353-367.
- Colombo, F., Violante, R., Cavallotto, J.L., Parker, G. (2000). *Geogaceta*, 28, 31-34.
- Davis, J.L., Annan, A.P. (1989). *Geophysical Prospecting*, 37(5), 531-551.
- Humberger, P., Meier, E., Pugin, A. (1994). *Geophysics*, 31, 131-184.
- Iriondo, M. (1980). *Resúmenes*, 73-88
- Jol, H.M., Smith, D.G. (1991). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 28, 1939-1947.
- Smith, D.G., Jol, H.M. (1997). *Sedimentary Geology*, 113, 195-209.