

Resultados preliminares en la caracterización geométrica 3D de un litosoma arenoso de progradación deltaica mediante georadar (GPR) (Fm. Arenisca de Roda, Eoceno, Cuenca de Graus-Tremp).

Preliminary results on the 3D geometric characterisation of a prograding delta-front sandbody with GPR (Roda sandstone, Eocene, Graus-Tremp basin)

M. Coll ⁽¹⁾, M. López-Blanco ⁽²⁾ y A. Marcuello ⁽¹⁾

Grup de Geodinàmica i Anàlisi de Conques.

⁽¹⁾ Departament de Geodinàmica i Geofísica

⁽²⁾ Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències marines C. Martí Franquès s/n, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona,

miquelcoll@ub.edu, m.lopezblanco@ub.edu, alex.marcuello@ub.edu

ABSTRACT

A set of GPR profiles have been recorded in order to determine the 3D geometry of a prograding delta-front sandbody (Roda sandstone formation, Eocene, Graus-Tremp basin). Common Mid Points (CMP) also have been recorded to obtain the velocity of the electromagnetic wave in ground. In order to build the top surface of a 3D prism a set of topographic points have been acquired. Most of the GPR profiles are oriented parallel to the progradation direction (NNE-SSW) and show the expected geometries. The 3D prism has been built from the individual profiles, which shows the three dimensional geometry of the sandy lithosome.

Key words: GPR, deltas, progradation, 3D geometry, topography

Geogaceta, 41 (2007), 51-54

ISSN: 0213683X

Introducción

El georadar o GPR (Ground Penetrating Radar) es una técnica geofísica que permite estudios de alta resolución del subsuelo, como puede ser el caso de la caracterización de medios sedimentarios. Los modelos estratigráficos resultantes de las interpretaciones de GPR han sido valiosos para la exploración geofísica y geológica en la minería y en la industria del petróleo y gas (Szerbiak *et al.*, 2001). Con estos antecedentes se decidió aplicar esta técnica en la Fm. arenisca de Roda para determinar la estructura interna tridimensional de estos cuerpos sedimentarios.

Situación Geológica

La arenisca de Roda es un complejo deltaico influenciado por las mareas, de edad Ypresiense (López-Blanco, 1996 a y b, López-Blanco *et al.*, 2003) y que se localiza en el margen norte de la cuenca de Graus-Tremp, una de las cuencas de «piggy back» formadas sobre las unidades

alóctonas surpirenaicas centrales (Figura 1). Dentro de dicho complejo deltaico se han diferenciado una se-

rie de cuñas arenosas de frente deltaico intercaladas entre margas de offshore que representan ciclos

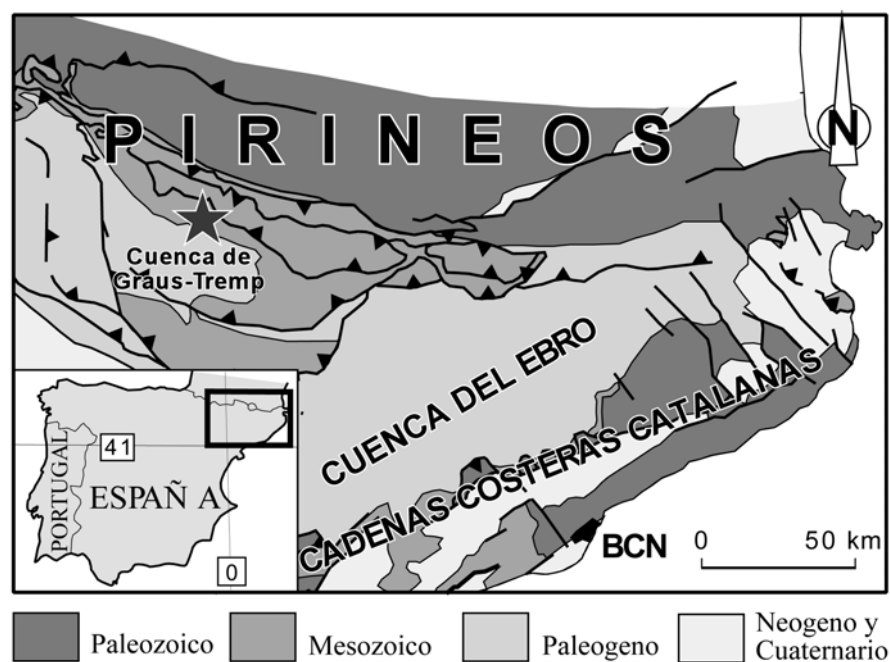


Fig. 1.- Mapa geológico del nordeste de España donde se ha localizado la zona estudiada (estrella).

Fig. 1.- Geological map of the north-east of Spain where the studied area has been identified (star).

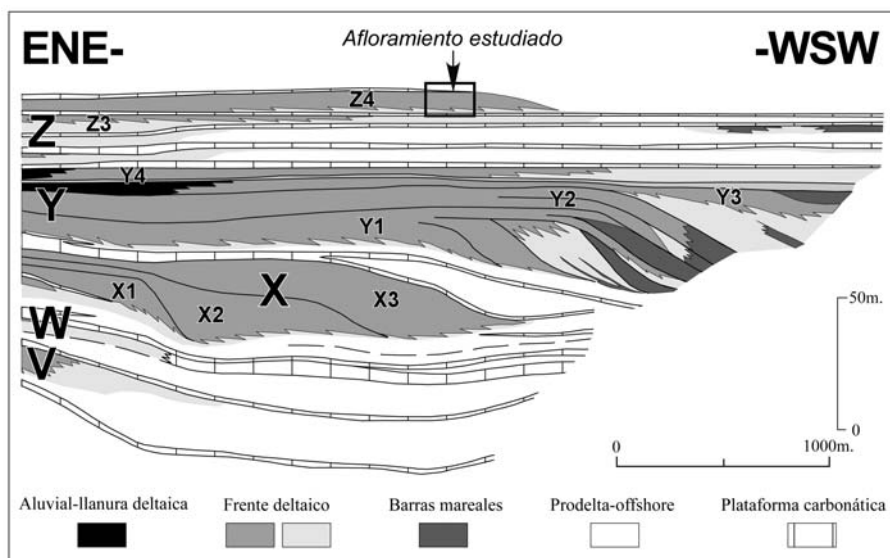


Fig. 2.- Corte geológico de la Fm. arenisca de Roda (modificado de López-Blanco *et al.*, 2003) en el que se muestran las diferentes cuñas arenosas deltaicas y se indica la localización del afloramiento estudiado.

Fig. 2.-Geological cross-section of the Roda sandstone Fm (modified from López-Blanco *et al.*, 2003) where the different sand wedges are shown and the studied area has been located.

transgresivo-regresivos de alta frecuencia (Fig. 2).

En el presente estudio se ha trabajado sobre el tramo regresivo de la unidad Z4, que consiste en un cuerpo arenoso de unos 11 metros de espesor, limitado a base y techo por unidades transgresivas ricas en carbonatos de ambientes de plataforma somera y mixta. La unidad estudiada está constituida por areniscas de granulometría media que presentan geometrías de *megaforesets* (métricos-decamétricos) que indican una clara progradación hacia el SSW, reflejando el avance del frente deltaico hacia la cuenca. La base de la unidad estudiada es una superficie de «downlap» y el techo una truncación erosional (Fig. 3) que se corresponde

con una superficie de máxima regresión.

Metodología

Las medidas y perfiles de georadar se realizaron sobre una superficie estructural de una área de unos 1500 m² que se corresponde con la superficie de máxima regresión que limita a techo la unidad arenosa de frente deltaico progradante estudiada (unidad Z4). Dicha superficie está ligeramente inclinada hacia el SSE y está limitada al Oeste por un valle encajado entre 5 y 10 metros y al Este por una cuneta o zanja de unos pocos decímetros que la separa de una pista forestal (Fig. 4).

Para la adquisición de los datos en el campo se ha utilizado un georadar

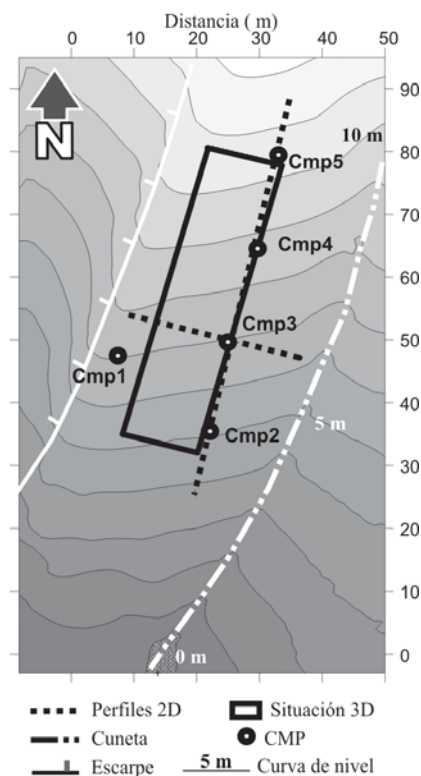


Fig. 4.- Mapa topográfico construido a partir de los valores recogidos con la estación total, donde se ha indicado la situación de los datos de georadar.

Fig. 4.- Topographic map of the area, built from data obtained by a total station. The zone where GPR data have been acquired is identified

modelo Pulse Ekko 100 de la empresa Sensors and Software Inc., con antenas de 100, 50 y 25 MHz.

En primer lugar se registraron cinco CMPs (Punto Medio Común) para disponer de una estimación de la velocidad de la onda en el terreno y a partir de ésta obtener la escala vertical de los perfiles. En segundo lugar se realiza-



Fig. 3.- Panorámica que muestra la geometría progradacional hacia el SSW de la unidad estudiada. Las medidas de GPR se han realizado sobre la superficie de truncación superior.

Fig. 3.- Panoramic view showing the SSW progradational geometry of the studied unit. The GPR data have been acquired on the upper truncation surface.

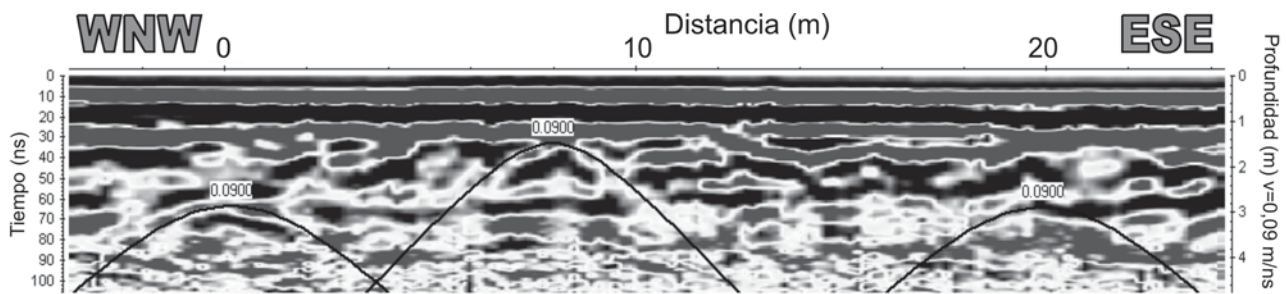


Fig. 5.- Perfil WNW-ESE obtenido con las antenas de 100 MHz, donde se observan hipérbolas con velocidad 0,09 m/ns.

Fig. 5.- WNW-ESE profile obtained with 100 MHz antennae where 0,09 m/ns hyperbolae can be distinguished.

ron dos perfiles de «common-offset» (distancia emisor-receptor constante) perpendiculares entre sí, según las direcciones NNE-SSW y WNW-ESE, para determinar la configuración y la antena más adecuada en este estudio. Como resultado de este análisis previo se decidió que la antena de 50 MHz y que la dirección de adquisición de los perfiles NNE-SSW con un paso de malla de 0,4 metros eran las más adecuadas. En la elección de la frecuencia se llegó a un compromiso entre la resolución y el tiempo de adquisición. En tercer lugar, se adquirieron los perfiles mediante el modo paso a paso para construir el volumen 3D. Finalmente, se procedió al posicionamiento de los puntos medidos y el levantamiento topográfico mediante una estación total Leika. En la figura 4 se puede observar el esquema de la adquisición.

Para el procesado de los datos se ha utilizado el programa ReflexW. Las principales etapas realizadas, que siguen el esquema propuesto por Annan (1993), han sido: (1) el posicionamiento de todas las trazas, la corrección del desplazamiento DC «dewow», y el ajuste del tiempo cero; (2) compensación de la atenuación de las ondas en el suelo, aplicando a las trazas una función de ganancia con parte lineal y exponencial y un filtro pasobanda del tipo Butterworth; y (3) corrección topográfica a partir de los datos obtenidos con la estación total.

En algunos CMPs se observan unas hipérbolas de velocidad de 0,3 m/ns, que corresponden a reflexiones de la onda aérea con objetos próximos. Como esta señal es muy energética, puede apantallar las reflexiones asociadas a las estructuras del subsuelo que tengan una amplitud menor que ésta. Sin embargo, en algunos CMPs se puede ver hipérbolas asociadas a estructuras del subsuelo, estimándose velocidades de propagación entre 0,07 y 0,08 m/ns. Además de ello, se han

ajustado algunas hipérbolas del terreno en los perfiles de *common offset* obteniendo unas velocidades aproximadas de 0,09 m/ns tal como se muestra en la figura 5.

En los radargramas (Fig. 6) se identifican dos zonas con diferente amplitud. La superior muestra unos reflectores inclinados hacia el Sur y en la zona inferior, bajo unos reflectores paralelos a la superficie topográfica, la amplitud decae y sólo se observa algunas reflexiones horizontales discontinuas, estas últimas reflexiones no aparecen en el radargrama cuando las antenas se giran 90 grados.

La construcción e interpretación 3D se ha realizado con el software OpendTect, las dimensiones del rectángulo, a partir del que se ha construido el prisma 3D, son 48 m por 12 m. Esta imagen se ha construido a partir de los perfiles NNE-SSW. En el prisma se muestran los mismos resultados que en los radargramas de la figura 6. Además de la ventaja de poder observar las estructuras en 3D podemos obtener perfiles virtuales en dirección WNW-ESE con las antenas paralelas al perfil.

Interpretación de los resultados

Como etapa previa a la interpretación 3D se ha realizado una interpretación preliminar de las geometrías presentes en los perfiles 2D. En la figura 6 se muestra los radargramas NNE-SSW con su interpretación correspondiente. En la parte alta de éstos, se puede apreciar unos *foresets* progradando aparentemente hacia el SSW y en la parte baja, unos reflectores con continuidad lateral, con cierto paralelismo con la superficie topográfica. El contacto entre la arenisca y las unidades infrayacentes no se observa debido a que la señal del GPR parece atenuarse entre 4 y 5 metros, posiblemente debido a la presen-

cia de agua, tal como se detecta en un pozo cercano. En los perfiles perpendiculares (WNW-ESE) se puede observar los *foresets* como reflectores subhorizontales, viendo así un buzamiento aparente en un corte casi paralelo a la dirección de capa.

La interpretación del prisma 3D (Fig. 7), permite delinear todas las superficies de estratificación correspondientes con los *foresets* y así caracterizar tanto su geometría como su orientación en el espacio.

Además de estas superficies correspondientes a patrones estratigráficos claros podemos observar que el reflector muy continuo situado bajo los *foresets* tiene un buzamiento constante hacia el WSW, cuya interpretación es, por el momento, ambigua.

Conclusiones y futuros trabajos

El análisis realizado en la Fm. arenisca de Roda muestra que las geometrías observadas previamente en los afloramientos se puede seguir en el subsuelo y nos permite obtener una visión 3D de las superficies de progradación, que es útil para un posterior análisis estratigráfico y sedimentológico. En un futuro se va a reconstruir la geometría 3D de las superficies de progradación para obtener su orientación espacial y estudiar los contactos entre diferentes sub-unidades. También se tiene previsto realizar otros estudios (tomografía eléctrica, LIDAR) para una mejor reconstrucción del afloramiento.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el proyecto MARES (CGL 2004-05816-C02-02), el «Grup Consolidat de Recerca de Geodinàmica i Anàlisi de Conques» (2005SGR00397).

Agradecemos a la empresa Repsol YPF por la Beca Pre-Doctoral que dis-

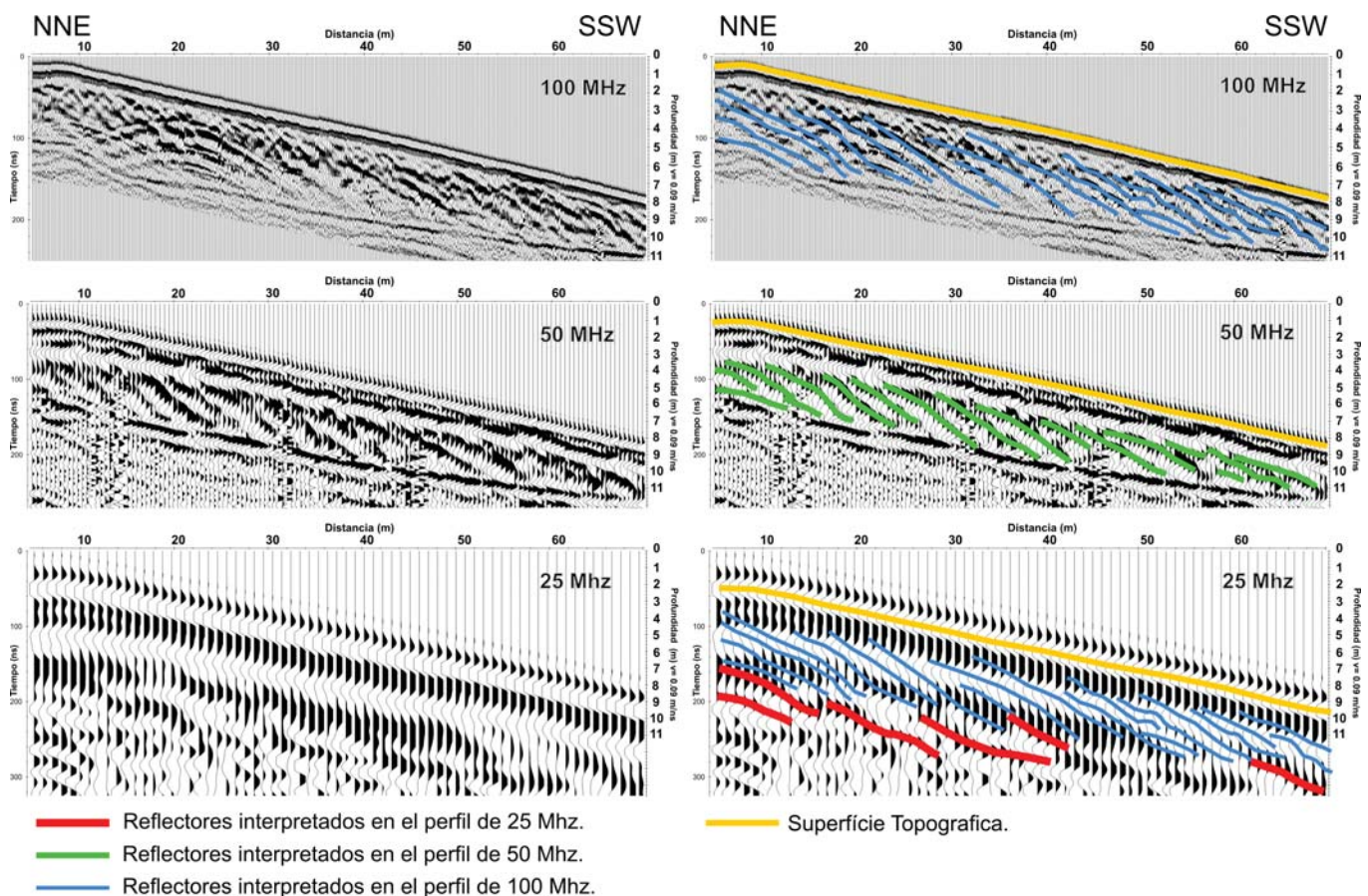


Fig. 6.- Perfiles 2D orientación NNE-SSW, realizados con antenas de 100, 50 y 25 MHz. A la izquierda, radargramas no interpretados. A la derecha, los mismos interpretados a partir de los reflectores en conjunto (siguiendo el modelo de Bristow y Pucillo, 2006).

Fig. 6.- Preliminary NNE-SSW profiles before 3D, carried out with 100, 50 and 25 MHz antennae. Left side, original radargrams. Right side the interpreted section of them (following Bristow and Pucillo, 2006).

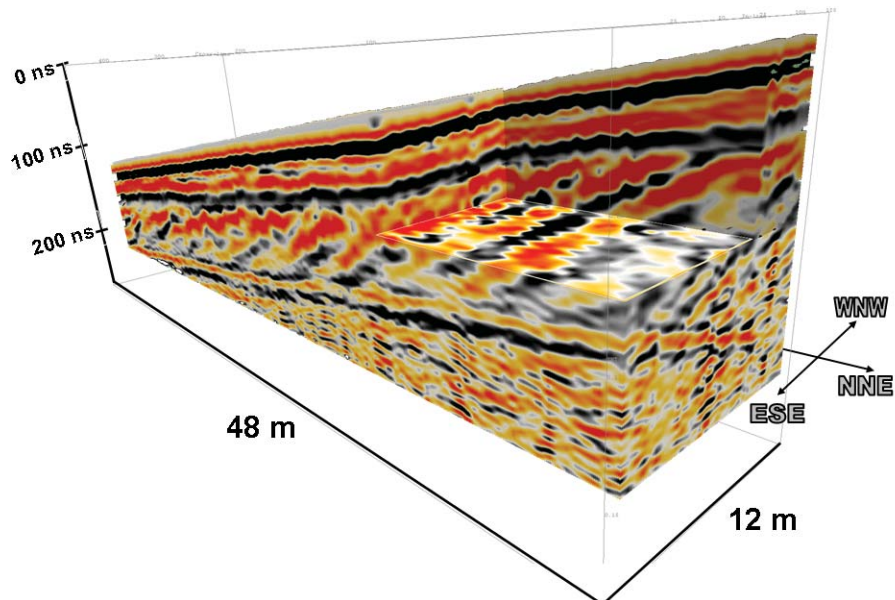


Fig. 7.- Prisma 3D que muestra las reflexiones procedentes del escarpe del oeste y de la cuneta del este. Por encima de estos se observan claramente en las reflexiones de los foresets progradantes hacia el SSW.

Fig. 7.- 3D prism showing reflexions corresponding to the depressed areas to the East and West of the studied area. Above those surfaces, reflexions corresponding to SSW-prograding foresets can be clearly seen.

fruta M. Coll, y a OpendTect la licencia universitaria para I+D.

Referencias

Annan, A. P. (1993)., Proceedings of the Second Government Workshop on Ground Penetrating Radar.
 Bristow, C.S. y Pucillo, K. (2006). *Sedimentology*, 53, 769-788.
 López-Blanco, M. (1996a). *Estratigrafía secuencial de sistemas deltaicos de cuencas de antepaís: ejemplos de Sant Llorenç del Munt, Montserrat y Roda (Paleógeno, Cuenca de antepaís surpirenaica)*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona. 238 p.
 López-Blanco, M. (1996b). *Acta Geológica Hispánica*, 31, 91-95 (Pub. 1999).
 López-Blanco, M., Marzo, M. y Muñoz, J.A. (2003). *Basin Research*, 15-1, 73-96.
 Szerbiak, R.B., McMechan, G A., Corbeanu, R., Forster, C. y Snelgrove, S. H. (2001).. *Geophysics*, 66, 4,1026-1037.