

# Morfología y dinámica del *debris flow* submarino BIG'95

G. Lastras<sup>1</sup>, M. Canals<sup>1</sup>, R. Urgeles<sup>1</sup>, J.E. Hughes-Clarke<sup>2</sup>

1 GRC Geociències Marines, Universitat de Barcelona, Spain.

2 Ocean Mapping Group, University of New Brunswick, Canada.

## ABSTRACT

Sea-floor bathymetric and backscatter data is used to image one of the youngest major landslides in the Northwestern Mediterranean Sea. The landslide, a 26 km<sup>3</sup> debris flow, covers 2,000 km<sup>2</sup> of the Ebro continental slope and base-of-slope offshore Spain. A pattern of low backscatter large sediment blocks which moved downlope while keeping their internal coherence separated by topographically low high backscatter lineations of coarse sediment is shown in the sea-floor images. The results of the interpretation of these features provide fundamental insights on the behaviour of submarine debris flows from which hydrocarbon search could greatly benefit.

**Key words:** slope stability, debris flow, backscatter, Ebro Margin, Western Mediterranean

## INTRODUCCIÓN

El Mediterráneo es una región activa geodinámicamente hablando. Muchas de sus sub-cuencas y de los territorios que las rodean están intensamente afectados por terremotos y por actividad volcánica. Esta actividad puede tener, y ha tenido, dramáticas consecuencias sobre la estabilidad del sedimento acumulado en estas cuencas, produciendo una gran cantidad de movimientos de masa submarinos; por citar algunos ejemplos, aquellos descritos por Galignani (1982), El-Robrini *et al.* (1985), Huson y Fortuin (1985) o Rothwell *et al.* (2000).

El Mar Balear, en comparación con otras sub-cuencas mediterráneas, es relativamente poco activo. A pesar de esto, también se han descrito en ella diferentes e importantes movimientos de masa (Canals, 1985; Field y Gardner, 1990). Presentamos en este artículo los resultados del estudio del más grande y reciente movimiento de masa descubierto en esta sub-cuenca, el *debris flow* BIG'95.

## MÉTODOS

Durante la campaña BIG'95 a bordo del B.I.O. Hespérides en 1995, realizada en el margen continental del Ebro, se observó un cuerpo sedimentario que presentaba facies sísmicas transparentes y caóticas mediante perfiles de muy alta resolución (sonda paramétrica TOPAS, Fig. 1). Este depósito fue interpretado como el resultado del mayor *debris flow* (flujo de derrubios) nunca observado en esta zona del Mediterráneo. Este gran deslizamiento submarino, llamado BIG'95, como la campaña en que fue identificado, cubre un área aproximada de 2.000 km<sup>2</sup> (unas cuatro veces el área de la isla de Ibiza) del talud y de la base del talud del Ebro, y, en sus partes más distales, del Canal de Valencia.

Posteriormente, se han realizado dos campañas oceanográficas más en el área del deslizamiento, que han permitido disponer de un conjunto de datos muy completo para el estudio de este depósito sedimentario. En la cam-

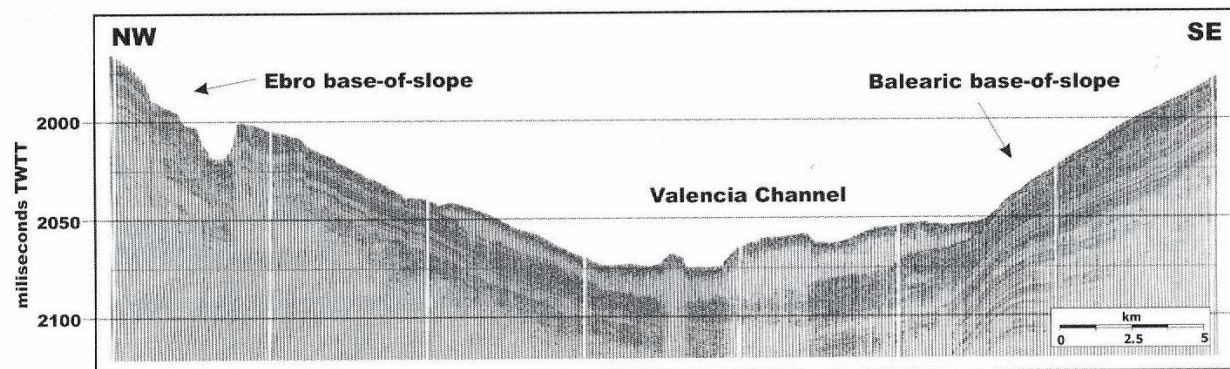


FIGURA 1: Perfil sísmico de muy alta resolución de sonda paramétrica TOPAS de la zona distal del deslizamiento. Estos perfiles permitieron descubrir desde el primer momento la presencia del depósito, pues en ellos se muestra claramente una unidad de facies sísmica transparente, correspondiente al deslizamiento, en el techo de la serie sedimentaria estratificada. Localización del perfil, en figura 2.

paña ya mencionada (BIG'95) se obtuvieron datos de batimetría de multihaz (EM-12E), perfiles de muy alta resolución (sonda paramétrica TOPAS), imágenes de sonar de barrido lateral (TOBI). Dos años más tarde se realizó la segunda campaña, a bordo del R/V L'Atalante, durante la que se obtuvo más recubrimiento de batimetría de multihaz (EM-12 Dual), perfiles de 3.5 kHz y en la que se recuperaron siete testigos de sedimento. Finalmente, en el año 1999 se realizó la hasta ahora última campaña en la zona a bordo del B.I.O. Hespérides, durante la que se obtuvo recubrimiento batimétrico de la plataforma (EM-1002), nuevos perfiles de TOPAS y perfiles sísmicos de alta resolución (*air-gun*).

## SITUACIÓN Y MORFOLOGÍA

El *debris flow* BIG'95 está situado mar adentro frente a la ciudad de Castellón, al este de las Islas Columbretes, entre 39° 30' N y 40° 10' N, y 0° 55' E y 1° 55' E. Cubre

un área de aproximadamente 2.000 km<sup>2</sup> entre los 600 y 2.000 m de profundidad y tiene un volumen total de unos 26 km<sup>3</sup> (Canals *et al.*, 2000). Las imágenes obtenidas mediante sonda multihaz de morfología del fondo marino y de intensidad de retrodifusión sonora han permitido el estudio en detalle de este deslizamiento (Fig. 2). Se han diferenciado cuatro áreas de morfologías claramente diferenciadas dentro del área del depósito (Fig. 3):

El área fuente, donde están presentes las diferentes cicatrices que han dado lugar al depósito, se encuentra por encima de los 1.300 m de profundidad. La cicatriz principal, de morfología sinuosa y 20 km de longitud, está orientada W-E de forma que su extremo occidental se encuentra a 600 m y su extremo oriental a 1.230 m de profundidad. Tiene una altura de 200 m y una pendiente de entre 5 y 17°. El escarpe de la cicatriz, según se puede observar en los perfiles sísmicos, continúa en el subsuelo como una falla normal con buzamiento hacia el sur que está relacionada claramente con una estructura en forma de domo

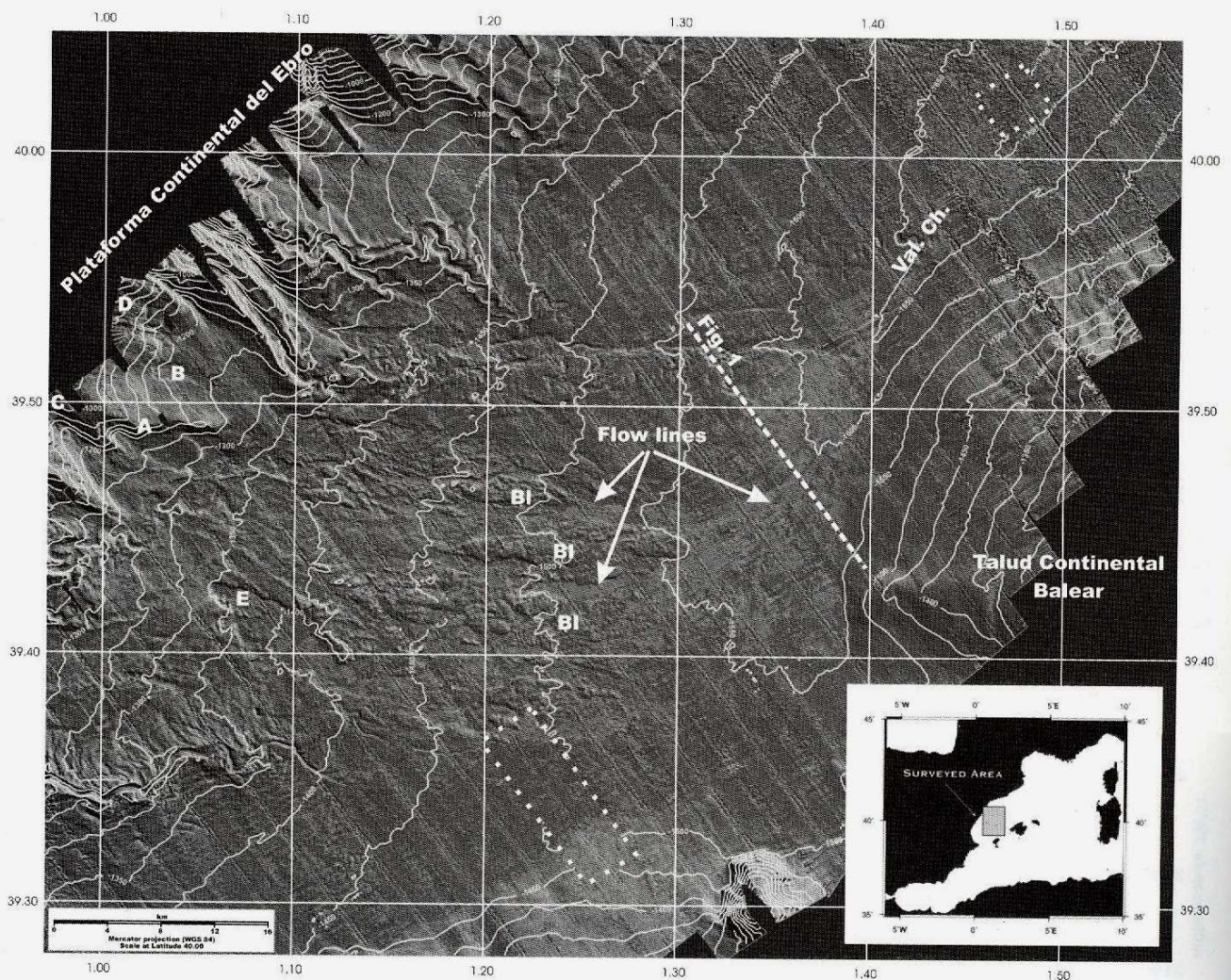


FIGURA 2: Mapa combinado de intensidad de retrodifusión (en color; verdes, intensidad alta; azules y rojos, intensidad baja) y batimétrico (sombreado y curvas de nivel, iluminación desde el norte), que muestra la disposición en forma de bloques (Bl.) y depresiones entre bloques ("flow lines") de la parte intermedia del deslizamiento. A = cicatriz principal; B-E = cicatrices secundarias; Val. Ch. = Canal de Valencia. Se muestra la localización del perfil de la figura 1.

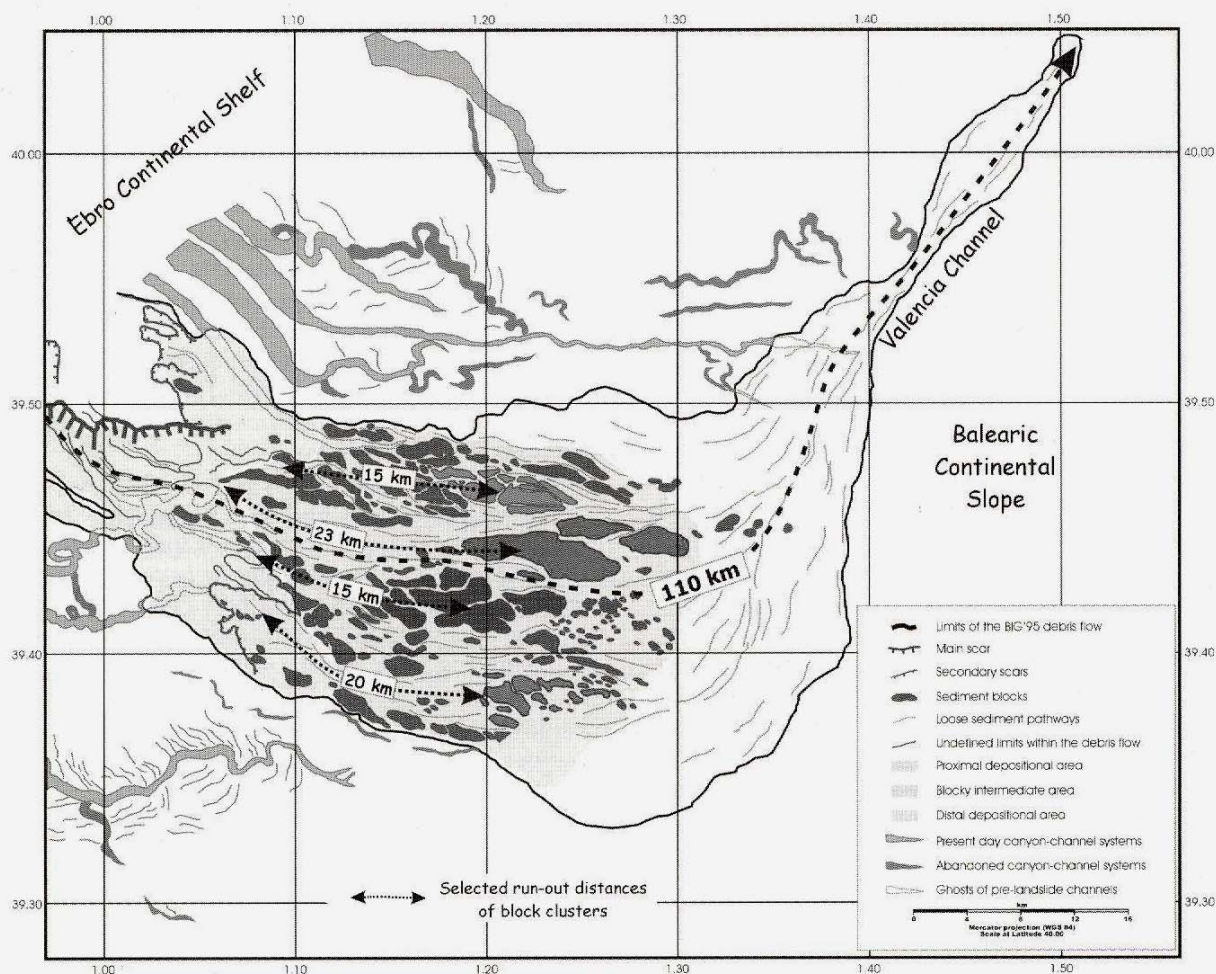


FIGURA 3: Esquema de interpretación del mapa de la figura 2. Para su realización también se han tenido en cuenta otros datos obtenidos en las diferentes campañas realizadas. Muestra, entre otros aspectos, la situación de los bloques, cicatrices y depresiones lineales. En colores naranja, verde, violeta y azul se han diferenciado cuatro grupos de bloques encajantes entre sí (ver texto para explicación) y para cada uno de ellos se han calculado las distancias recorridas (run-out). El color de relleno de fondo muestra las diferentes áreas diferenciadas en el texto.

de naturaleza volcánica. A parte de la cicatriz principal, se han podido identificar otras cuatro cicatrices secundarias, de diferentes morfologías e importancia, que permiten inferir la complejidad del movimiento de masa.

El área de depósito proximal se encuentra situada al pie de la cicatriz principal y hasta los 1.400 m de profundidad y se caracteriza por ser relativamente plana, con pendientes inferiores a  $1^\circ$ . Constituye el principal depocentro del *debris flow*. En esta zona, el depósito alcanza los 135 m de potencia y nunca es menor de 60 m.

El área de depósito intermedia está situada entre los 1.400 m y los 1550 m. Su pendiente media es de  $1,15^\circ$  aunque en algunos lugares alcanza los  $4,5^\circ$ . El depósito aquí no alcanza los 40 m de potencia. En esta área se puede observar la presencia de grupos de bloques de sedimento, algunos de hasta  $25 \text{ km}^2$  y 35 m de altura, que presentan una intensidad de retrodifusión baja, separados por pequeñas depresiones lineales que presentan, en contraste, una retrodifusión alta y, por tanto, unas características sedimentológicas distintas (Fig. 2).

El área de depósito distal, por debajo de los 1.550 m y hasta alcanzar el Canal de Valencia, está dominada por materiales de similares características a aquellos presentes en las depresiones entre los bloques del área deposicional intermedia. En este área prácticamente plana ( $<1^\circ$  de pendiente), el depósito apenas alcanza los 15 m, aunque en la zona del Canal de Valencia, relleno por el depósito del *debris flow*, se acumulan potencias de hasta 35 m.

En general, en la zona proximal, el movimiento de masa fluyó hacia el sudeste, girando hacia el este en la zona intermedia hasta alcanzar el talud balear, a partir de donde, dirigido por la topografía, fluyó hacia el noreste para terminar rellenando parte del Canal de Valencia.

### CONCLUSIONES: DINÁMICA DEL DEBRIS FLOW

A partir de los datos obtenidos mediante las diferentes técnicas, se puede deducir una sucesión de acontecimientos que dio lugar al depósito final observado. Por diferentes posibles motivos (p.e., vulcanismo, sismicidad, altas

tasas de sedimentación o cambio en las condiciones del agua) una parte importante del sedimento acumulado en el talud del Ebro colapsó formando la cicatriz principal observada. A continuación, diferentes cicatrices secundarias se formaron talud abajo, a partir de las cuales se desgajaron grandes bloques de sedimento fino y muy fino (y por tanto, con baja intensidad de retrodifusión) característico de la base de talud que se desplazaron hacia el este recorriendo algunos más de 20 km (Fig. 3). Durante el recorrido, los grandes bloques se partieron en bloques más pequeños, siempre conservando la coherencia interna, hasta dar la morfología que se observa actualmente.

Del mismo modo en que se formaron cicatrices secundarias talud abajo de la principal, también se formaron otras cicatrices talud arriba, de las que fluyó material más grueso propio del talud superior y medio (y por tanto, de alta intensidad de retrodifusión) que enterró parte de la cicatriz principal y continuó desplazándose talud abajo entre los bloques antes descritos hasta alcanzar la zona distal y el Canal de Valencia, a más de 100 km de distancia.

El estudio del complejo deslizamiento BIG'95 proporciona nuevos datos sobre el comportamiento dinámico de los movimientos de masa submarinos, de los que la industria de exploración petrolera se puede beneficiar en gran medida, pues la exploración se traslada a zonas cada vez más profundas del talud y por tanto más susceptibles de inestabilidad sedimentaria.

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado en el marco del proyecto COSTA (EC-VFP, Continental Slope Stability, EVK3-1999-00028) y del proyecto GRANDES (CYTMAR, MAR98-0347) con el apoyo de una beca FPI del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

#### REFERENCIAS

- Canals, M. (1985): *Estructura sedimentaria y evolución morfológica del talud y el glacis continentales del Golfo de León: fenómenos de desestabilización de la cobertura sedimentaria plio-cuaternaria*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona, 618 p.
- Canals, M., Casamor, J.L., Urgelés, R., Lastras, G., Masson, D.G., Berné, S. y Alonso, B. (2000): The Ebro Continental margin, Western Mediterranean Sea: Interplay between canyon-channel systems and mass wasting processes. *Gulf Coast Section of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 20<sup>th</sup> Annual Research Conference*, Houston, Texas (Ed. en CD-Rom).
- El-Robrini, M., Gennesseaux, M. y Mauffret, A. (1985): Consequences of the El-Asnam Earthquakes: Turbidity Currents and Slumps on the Algerian Margin (Western Mediterranean). *Geo-Marine Letters*, 5: 171-176.
- Field, M.E. and Gardner, J.V. (1990): Pliocene-Pleistocene growth of the Rio Ebro margin, northeast Spain: A prograding-slope model. *Geological Society of America Bulletin*, 102: 721-733
- Gallignani, P., 1982. Recent sedimentation processes on the Calabria continental shelf and slope (Tyrrhenian Sea, Italy). *Oceanologica Acta*, 5: 494-500.
- Huson, W.J. and Fortuin, A.R., 1985. The Lithinion Slide: A large submarine slide in the South Cretan Trough, eastern Mediterranean. *Marine Geology*, 65: 103-111
- Rothwell, R.G., Reeder, M.S., Anastasakis, G., Stow, D.A.V., Thomson, J. y Kähler, G. (2000). Low-stand emplacement of megaturbidites in the Western and Eastern Mediterranean Sea. *Sedimentary Geology*, 135: 75-86.