

La Mélange del Porma: desmoronamiento gravitacional de un frente orogénico submarino (Zona Cantábrica).

J. L. Alonso¹, A. Marcos¹, A. Suárez²

¹ Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/Jesús Arias de Velasco, s/n, 33005 Oviedo (jalonso@geol.uniovi.es)

² Instituto Geológico y Minero de España, Parque Científico de León, Avda. Real 1, 24006 León.

Introducción

Frecuentemente, los grandes mantos emplazados en un medio submarino cobijan formaciones rocosas que consisten en una mezcla de arcillas o pizarras con fragmentos dispersos de otras rocas más duras de tamaños y edades muy diversos y sin orden aparente. Estas formaciones caóticas han sido denominadas mélanges y su significado ha sido muy debatido, interpretándose bien como producto de fragmentación tectónica en zonas de cizalla basales de grandes mantos, como resultado de deslizamientos submarinos en el talud frontal de dichos mantos o debido a una combinación de ambos procesos [1].

Situación geológica

La Mélange del Porma [2] se ubica en la rama sur de la Zona Cantábrica, bajo el Manto de Forcada, sobre el cual se sitúa el Manto de Bodón (Figs. 1 y 2). Hacia el SE, ambos mantos están limitados por la Falla del Porma, interpretada como una falla de desgarre (*tear fault*) relacionada con su emplazamiento. Éste y otros criterios cinemáticos han permitido determinar una dirección de transporte hacia el NE para los mantos en la rama Sur de la Zona Cantábrica [3] [4].

La sucesión estratigráfica de los mantos de Bodón y Forcada es bien conocida desde Comte [5] y se muestra en la figura 3. Ambos mantos contienen una sucesión que va desde el Cámbrico inferior al Carbonífero, con una gran laguna estratigráfica debido a la erosión relacionada con una discordancia de bajo ángulo del Devónico más superior (Formación Ermita). Esta laguna es mayor en el Manto de Forcada que en el de Bodón. Bajo el Manto de Forcada se sitúa la Mélange del Porma, que tiene un espesor de aproximadamente 1 km. La mélange se apoya sobre una sucesión turbidítica conocida como Formación Ferreras (Fig. 2).

Los cabalgamientos de Bodón y Forcada exhiben rellanos de bloque superior e inferior. Ambos mantos, junto con su autóctono relativo, están plegados y los pliegues mayores son consecuencia del cabalgamiento cortando en fuera de secuencia de Valdehuesa, el cual genera un par de pliegues de propagación

de falla en su extremo occidental (Fig. 2). El límite norte del área representada en la figura 2 es un cabalgamiento mayor cortando en fuera de secuencia, tradicionalmente conocido como Falla de León, el cual duplica en el mapa las unidades tectónicas previas y da lugar a la exhumación del autóctono de dichas unidades en el sector del Porma [6] (Fig. 1).

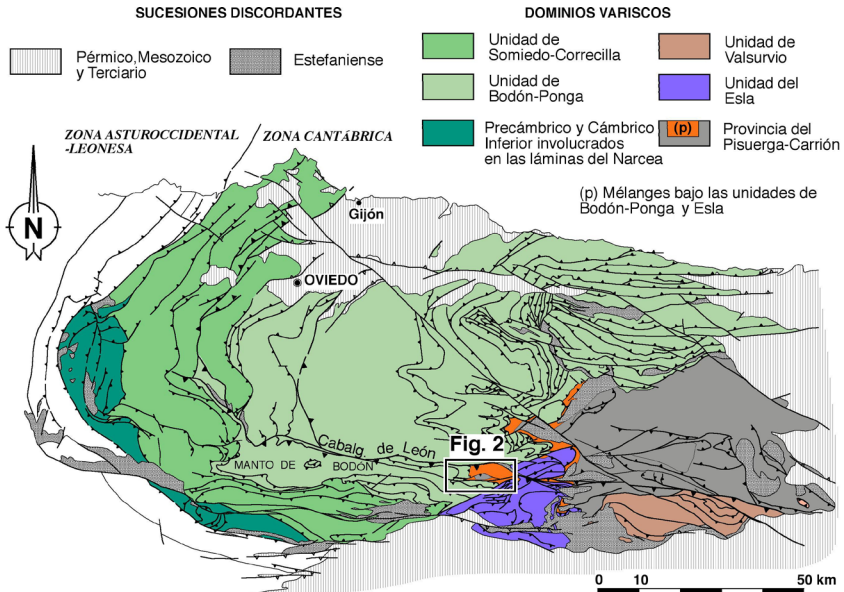


Figura 1.- Esquema de la Zona Cantábrica mostrando la situación de la Mélange del Porma (Fig. 2). Modificado de Alonso *et al.* [7].

Composición y estructura de la Mélange del Porma. Interpretación.

La Mélange del Porma consiste en una mezcla “aparentemente” caótica de bloques de edades muy diversas (Cámbrico a Carbonífero superior) y tamaños muy variables (centimétricos a kilométricos) incluidos en una matriz pelítica con clivaje escamoso. La mayoría de los bloques son el resultado de un proceso de budinaje con extensión en dos direcciones subperpendiculares, dando lugar a budines equidimensionales en planta (estructura en tabletas de chocolate), con valores de extensión generalmente por encima del 300%. En la sección transversal a la estratificación, los budines muestran formas diversas (rectangulares, romboidales, triangulares, trapezoidales, con bordes en punta de flecha) debido a diversas combinaciones de fracturas de extensión (grietas) y fallas extensionales. También son comunes las estructuras tipo *pinch-and-swell* con bloques en forma de elipsoide oblató. Excepcionalmente aparecen pliegues tipo *slump* y algunos niveles de *debris flow*.

Si la mélangue fuese una zona de cizalla relacionada con el Manto de Forcada, habría arrancado preferentemente bloques de la base del mismo, situada en un rellano de las calizas cámbricas de la Formación Láncara. Sin embargo, la mayor parte de los bloques constituidos por formaciones pre-Moscovienses (areniscas cámbricas de la Formación Herrería, cuarcitas ordovícicas de la Formación Barrios y Calizas de la Formación Valdeteja) no están presentes en el Manto de Forcada y deben proceder del Manto de Bodón, situado sobre el anterior (Figs. 2 y 3). Por ello se propone un origen de la mélangue a partir de deslizamientos submarinos en el frente orogénico (Fig. 4). Otro argumento que apoya esta interpretación es la distribución estadística de bloques procedentes de diferentes formaciones en el mapa, en donde la proporción de bloques más antiguos es mucho mayor hacia el antepaís, lo que sugiere deslizamientos progresivamente más profundos (*unroofing*) durante la denudación del frente orogénico a medida avanzaba hacia el Noreste.

Por otro lado, los diferentes rasgos estructurales de la mélangue parecen estar determinados por el grado de litificación de las rocas durante su deslizamiento gravitacional. La fuente de la mayor parte de la mélangue estuvo en los sedimentos semilitificados situados en la parte superior del Manto de Bodón, que sufrieron una deformación frágil-dúctil (budinaje) durante el deslizamiento gravitacional, dando lugar a lo que se denomina una *broken formation* [8]. No obstante, unos pocos bloques usualmente de mayor tamaño y edades más antiguas irrumpieron en la cuenca como bloques individuales procedentes de las formaciones bien litificadas de la parte basal de dicho manto, con mayor resistencia friccional.

Los bloques mayores del Porma, tradicionalmente denominados klippen, y que alcanzan dimensiones de varios kilómetros (Fig. 2), también pueden considerarse bloques deslizados. Aquellos cuya estratigrafía es correlacionable con el Manto de Bodón (Pallide, La Cuba y Rejero, Fig.2) muestran una geometría no acorde con las reglas de los cabalgamientos, ya que su cabalgamiento basal sube y baja alternativamente en la sucesión estratigráfica en la dirección de transporte tectónico. Respecto al klippe de Armada, correlacionable con el Manto de Forcada desde el punto de vista estratigráfico, aunque su contacto basal es un rellano situado en las calizas cámbricas, los diversos criterios cinemáticos que aparecen en su superficie basal indican un transporte hacia el Sureste, que es perpendicular a la dirección de emplazamiento de los mantos en la rama sur de la Zona Cantábrica [2].

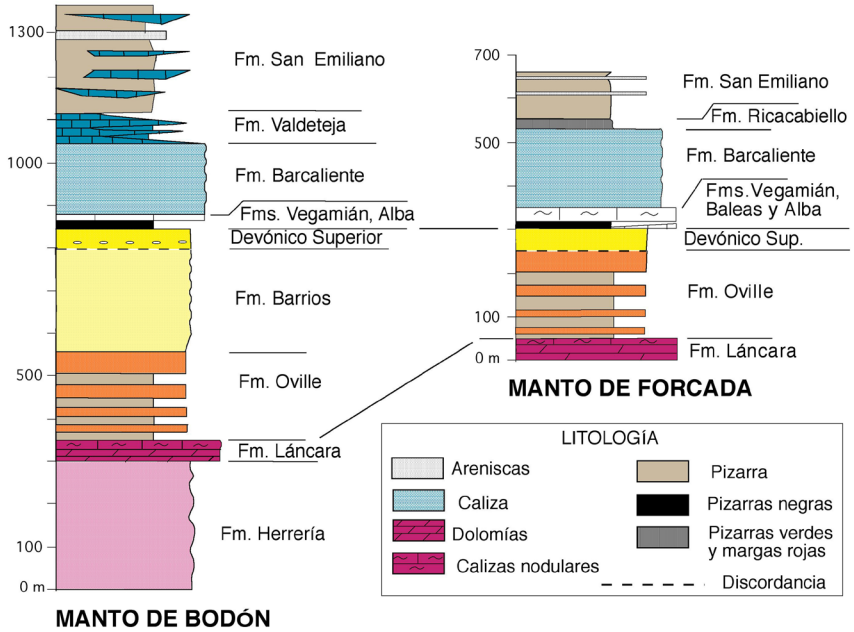


Figura 3.- Columnas estratigráficas de los mantos de Bodón y Forcada según Comte [5], Sjerp [9] y Wagner *et al.* [10].

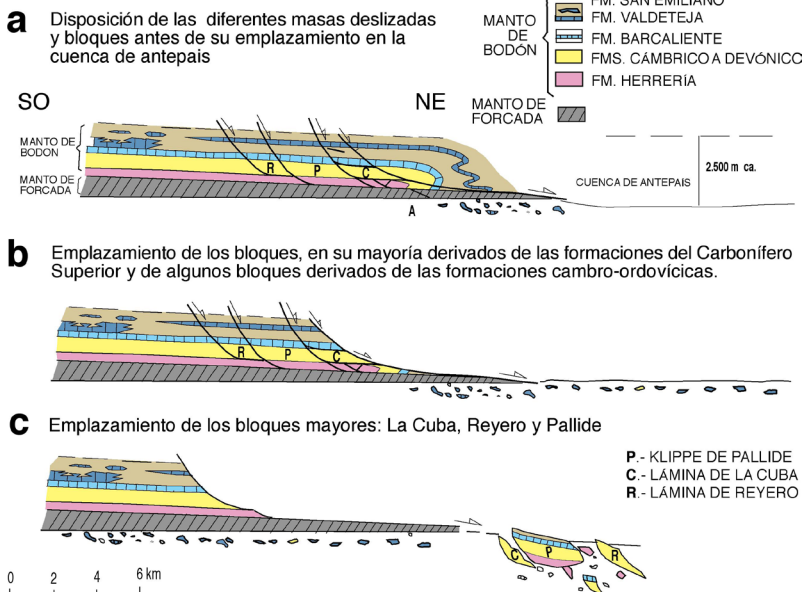


Figura 4.- Reconstrucción idealizada del frente orogénico y de la secuencia de emplazamiento del material deslizado en la cuenca de antepaís del Porma.

ITINERARIO GEOLÓGICO Y PARADAS

El itinerario discurre en torno al embalse del Porma. La situación de las paradas se indica en el mapa geológico de la figura 2.

Parada 1: Panorámica de la Mélange del Porma, cobijada por el Manto de Forcada.

Localización: 42° 57' 21,52" N, 5° 18' 22,82" O. Se accede desde la localidad de Rucayo, tomando un camino de tierra hacia el Sureste, transitable en vehículo todo terreno.

Descripción: desde el punto de observación, mirando hacia el E, pueden verse varios bloques de calizas carboníferas, de tamaño hectométrico, en la parte inferior (Mélange del Porma), mientras en la parte superior aparece la sucesión del manto de Forcada, con las calizas carboníferas de dicho manto bajo la línea del horizonte (Fig. 5). El área abarcada por la fotografía de la figura 5 se indica en la figura 2.



Figura 5.- Vista panorámica de bloques de caliza carboníferos de la Mélange del Porma, los cuales se sitúan bajo el Manto de Forcada. Vista hacia el O. Su situación se muestra en la figura 2.

Parada 2: Fallas extensionales en escalera en el talud de la carretera Boñar-Puebla de Lillo.

Localización: 2° 56' 25,16" N, 5° 16' 6,65" O. Desde Rucayo retornamos a la carretera que bordea por el este el embalse del Porma y tomamos la dirección norte hacia Puebla de Lillo. En el talud oriental de la carretera, que suele presentar buenos afloramientos, están las estructuras que se ilustran en la figura 6.

Descripción: las capas de areniscas y lutitas carboníferas tienen disposición subvertical con el techo hacia el Sur. Están afectadas por una falla mayor (F) que muestra un rellano en el bloque sur en contacto con un rellano y una rampa inclinada al Norte en el bloque norte de la falla (Fig. 6A). Otro sistema de fallas extensionales menores se inclinan al Sur. En detalle la superficie de la falla principal F muestra una morfología rugosa, debido a numerosas fracturas extensionales menores más tardías (Fig. 6B). Si las capas del bloque norte se restauran a la posición horizontal, todas las fallas mencionadas se convierten en fallas normales. En este caso, el desarrollo de fallas en escalera en vez de budines debe estar determinado por el escaso espesor relativo de las capas incompetentes (lutitas) en comparación con las competentes (areniscas).

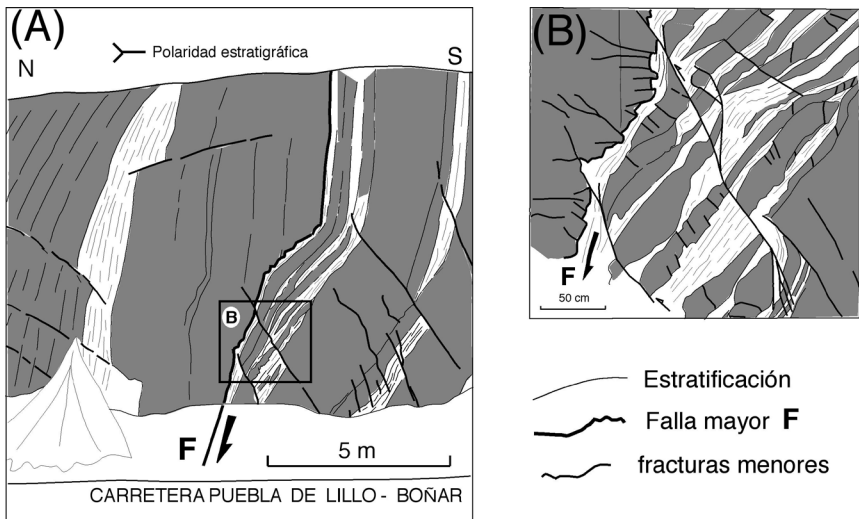


Figura 6.- (A) Esquema de un afloramiento situado en la carretera del Porma, mostrando la geometría de las fallas extensionales. Situación en la Figura 3. (B) Detalle de la superficie de falla principal (F) y las fallas menores.

Parada 3: Capas de areniscas y lutitas carboníferas abundadas en el margen del embalse del Porma.

Localización: 42° 57' 5,94" N, 5° 16' 4,14" O. Bordeando el embalse después de abandonar la carretera Boñar-Puebla de Lillo puede accederse a esta parada. En el límite del embalse se encuentran los mejores afloramientos, debido al batir constante del pequeño oleaje; la buena exposición de las rocas permite observar la relación entre los bloques de arenisca y la matriz pizarrosa, esta última generalmente con malos afloramientos en el resto del área.

Descripción: en esta parada se observa muy bien el papel jugado por las fracturas en el desarrollo de los budines. Estos budines o bloques de areniscas

se encuentran limitados y/o atravesados por fracturas de cizalla o extensión que causan extensión paralela a las capas (Figs. 7 y 8). La geometría tridimensional de las fracturas queda bien ilustrada en las superficies de estratificación de los bloques, en donde se observan habitualmente dos sistemas de fracturas cuyas líneas de intersección con la estratificación son subperpendiculares (Fig. 8C).

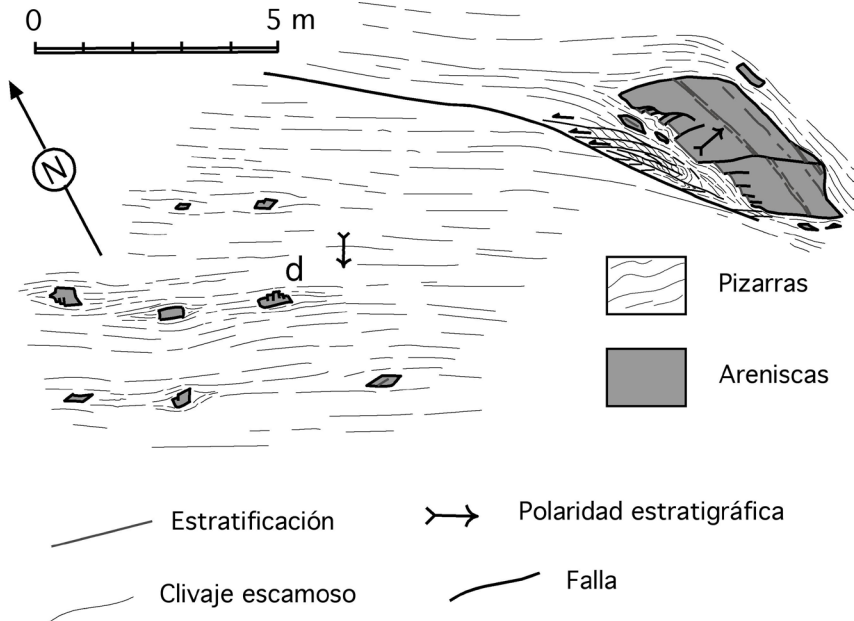


Fig. 7.- Capas de grauvaca abudinas incluidas en una matriz pizarrosa. Puede advertirse que el clivaje en las pizarras es paralelo a la alineación de fragmentos o bloques. Localidad meridional de la parada 3.

La intersección de los dos sistemas de fracturas y la estratificación controla la forma tridimensional de los bloques, que tienden a dar una estructura en tabletas de chocolate, que implica una extensión paralela a las capas en dos direcciones, lo cual es coherente con un clivaje de tipo escamoso paralelo a la estratificación que registra un acortamiento perpendicular a la misma. La mayoría de las fracturas que presentan los budines son del tipo denominado hidrolástico [11]; están confinadas a la base de las capas turbidíticas y raramente atraviesan la capa entera; su desplazamiento generalmente se amortigua hasta desaparecer antes de alcanzar el techo de las capas, como muestra el bloque mayor de la figura 7. Cuando el contraste de ductilidad entre las capas no es muy acusado, los budines son de tipo *pinch-and-swirl*, mostrando una forma de elipsoide oblató (Fig. 8B).

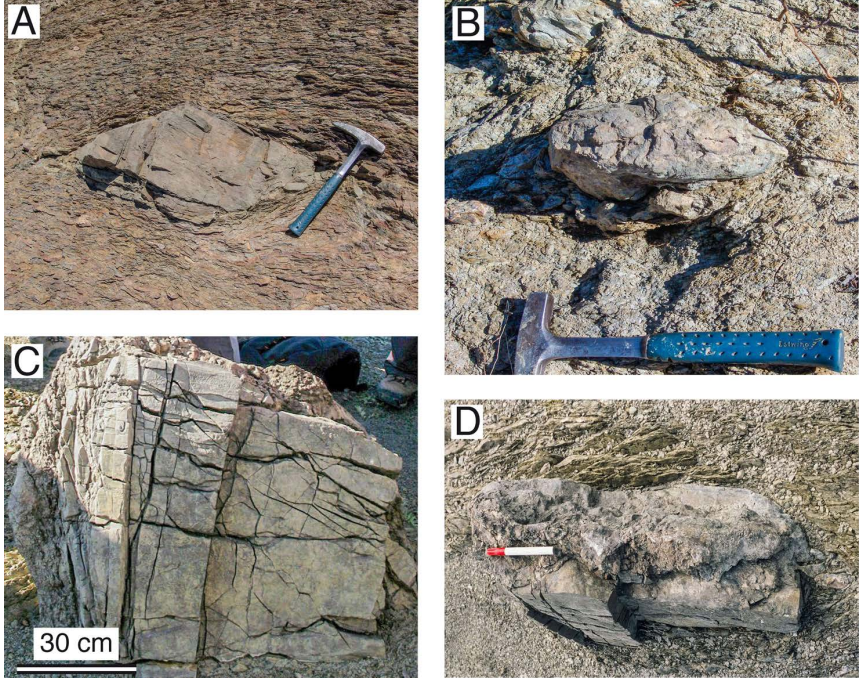


Figura 8.- (A) Sección transversal de un budín romboidal rodeado de matriz pizarrosa. El martillo está sobre un cuello de budín. Localidad septentrional de la parada 3. (B) Sección transversal de un budín tipo *pinch-and-swell*. (C) Vista de la estratificación en un budín rectangular mostrando dos sistemas de fracturas extensionales (budín d de la figura 7). (D) Sección transversal del mismo budín representado en (C).

Parada 4: Panorámica del sector oriental de la Mélange del Porma desde la Peña del Oro.

Localización: 42° 56' 33,78" N, 5° 13' 6,71" O. Desde la localidad de Pallide se toma un camino hacia el Sur que asciende por la ladera meridional del valle hasta dicha peña.

Descripción: desde esta parada se tiene un buen observatorio de la parte oriental de la mélange, que aflora en el fondo y en la parte inferior de la ladera opuesta del valle, cuando miramos hacia el N. Desde allí también puede verse la sucesión de la Cuenca Carbonífera Central que ocupan las montañas situadas más arriba, hacia el norte. Entre ambas se sitúa la Falla de León, flanqueada por algunos afloramientos de conglomerados estefanienses, discordantes sobre la Mélange del Porma. En la parte izquierda de la vista panorámica puede observarse el klippe de Pallide. Al norte de esta localidad pueden verse algunos bloques de cuarcitas ordovícicas y hacia la derecha un rosario de calizas carboníferas.

Bibliografía

- [1] Festa, A.; Dilek, Y.; Pini, G.A.; Codegone, G.; Ogata, K. (2012) *Tectonophysics* 568-569, 7-24.
- [2] Alonso, J.L.; Marcos, A.; Suárez, A. (2006) *Am. J. Sci.* 306, 32-65.
- [3] Arbolea, M. L. (1978) *Estudio estructural del Manto del Esla (Cordillera Cantábrica, León)*. Tesis doctoral, U. Oviedo, 227 p.
- [4] Alonso, J.L.; Álvarez-Marrón, J.; Pulgar, F.J. (1989) *Trab. Geol.* 18, 145-153.
- [5] Comte, P. (1959) *Recherches sur les terrains anciens de la Cordillère Cantabrique*. Memorias del Instituto Geológico y Minero de España 60, 440 p.
- [6] Alonso, J.L.; Marcos, A.; Suárez, A. (2009) *Geol. Acta* 7, 451-473
- [7] Alonso, J.L.; Marcos, A.; Villa, E.; Suarez, A.; Merino-Tomé, O.A.; Fernandez, L.P. (2015) *Int. Geol. Review* 57, 563–580.
- [8] Raymond, L. A. (1975) En: Raymond, L. A. (ed), *Mélanges: Their nature, origin and significance*. Geol. Soc. America, Spec. Paper 198, 7–20.
- [9] Sjerp, N. (1967) *Leidse Geol. Mededelingen* 39, 55–128.
- [10] Wagner, R.H.; Wrinkler Prins C.F.; Reading, R.E. (1971) *Trab. Geol.* 4, 603-663.
- [11] Petit, J.P.; Laville, E. (1987) En: Jones, M.E.; Preston, R.M.F. (eds), *Deformation of Sediments and Sedimentary Rocks*. Geol. Soc. London Spec. Pub. 29, 107-121.