

TECTÓNICA RECIENTE Y GRANDES AVALANCHAS CALCÁREAS EN EL ARCO EXTERNO DE LA SIERRA DE LA SOBIA (ZONA CANTÁBRICA, RAMA NORTE DEL VARÍSCO IBÉRICO)

Recent tectonic and large calcareous rock avalanches in the outer arc of the Sierra de la Sobia (Cantabrian Zone, Northern of the Variscan Iberian)

R. Menéndez-Duarte¹ y F. J. Fernández¹

¹ Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, C/ Jesús Arias de Velasco sn, 33005 España
rosana@indurot.uniovi.es

Abstract: A fault-damage zone belonging to western Sobia Range, parallel to the main trace of the León Line, has been mapped. Fractures across the limestone rock-mass are distributed according to sequential movements of conjugate systems. Their orientations are changing by the effect of the Sobia Nappe structure (Cantabrian Zone, NW Iberian massif) in the stress field distribution. Higher stresses are located in two different zones where the main fault attitude changes. Locally, the León hanging wall is formed by the Teverga coal basin, which is out sequence thrusting toward the NE. Both zones have several rock-avalanche deposits with planimetric surfaces reach 0.5 km². Rock-fault process has produced changes in the fluvial network. Moreover, the development of avalanche scarps and other minor structures are consistent with the recurrence of rock-avalanches and rock-fall. Some of the late movements triggered recent rock fall over a small rural town, and reactivated the fracture system strike N090°E as right lateral faults.

Palabras clave: avalanchas de rocas; tectónica-relieve; Falla de León; Arco Ibero-Armoricano.

Key words: rock-fall avalanches; morphotectonics; León Line; Ibero-Armorican Arc.

1. INTRODUCCIÓN

Las avalanchas de rocas de grandes dimensiones han sido frecuentemente relacionadas con zonas tectónicamente activas, áreas con sismicidad y/o con la acumulación de esfuerzos diferenciales en la roca y la disposición favorable de las discontinuidades del macizo rocoso (Dunning et al, 2007; Hermanns y Schellenberger, 2008; Antinao et al, 2009; Penna et al, 2011; Fasani et al 2014). En este trabajo, se presentan evidencias estructurales y geomorfológicas que relacionan las grandes avalanchas calcáreas de la Sierra de la Sobia (Cordillera Cantábrica) con la actividad neo-tectónica de la Falla de León (De Sitter, 1962; Marcos, 1968; Alonso et al, 2009) y con los sistemas de fracturas asociados en su borde occidental.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La Sierra de la Sobia (SS) es un relieve fundamentalmente calcáreo y de geometría

arqueada, que se localiza en el extremo occidental de la Zona Cantábrica (Rama Norte del Macizo Ibérico) (Fig.1).

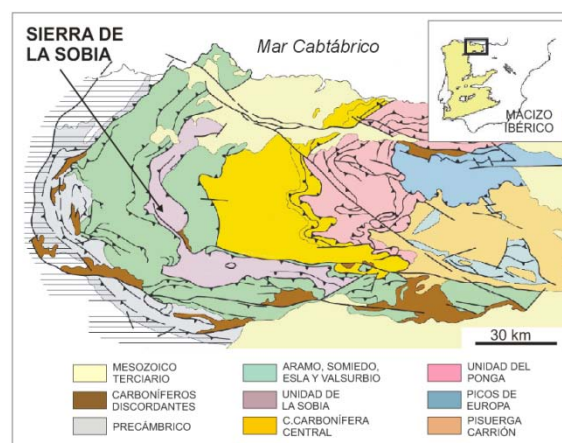


Fig. 1. Localización de la Sierra de la Sobia en la Zona Cantábrica (Macizo Ibérico) basado en Julivert (1971)

Fig. 1. Location of the 'Sierra de la Sobia' in the Cantabrian Zone (Iberian Masif) based on Julivert (1971)

Las rocas del substrato que forman el relieve más elevado de la SS son calcáreas, y pertenecen al grupo Caliza de Montaña

(Formación Barcaliente) y la Caliza Griotte, ambas de edad Carbonífero inferior y a la Formación Candamo, del Devónico superior. Este conjunto da una potente serie de calizas tableadas de unos 1000 m de espesor. Por debajo en la serie estratigráfica, alternan formaciones calcáreas y siliciclásticas de edades comprendidas entre el Cámbrico superior y el Devónico. Por encima se disponen materiales terrígenos sin-orogénicos, de edades Wesfaliense y Estefaniense, claramente discordantes con el resto de serie Paleozoica.

La geometría arqueada de la sierra se debe a su localización en el arco externo de la Zona Cantábrica. Esta Zona dibuja a su vez el arco interno de la estructura conocida a escala orogénica como Arco Ibero-Armoricano (Lefort, 1989). La estructura del basamento de la sierra es Varisca y se conoce como el Manto de la Sobia. Se trata de un manto plegado por un sinforme al O y un antiforme hacia el E. El flanco occidental del sinforme de la sierra está cortado por la Falla de León, cuyo trazado coincide con las zonas donde se localizan las avalanchas rocosas (Fig. 2).

El rango de altitudes de la sierra varía entre los 500 y los 1700 m. La parte superior, por encima de los 1500 m, es una plataforma cárstica con extensos campos de dolinas y suaves pendientes, mientras que entre los 500 y 1500 m predominan las laderas con fuerte pendiente, donde existen tramos con escarpes calcáreos verticales. La red de drenaje está condicionada por la estructura y las discontinuidades del basamento y en algunas zonas existen profundos cañones fluviales en los márgenes de la sierra.

3. LA ESTRUCTURA

En los sectores oriental y central de la Cordillera Cantábrica la Falla de León tiene un trazado EO, paralelo al borde S de la Zona Cantábrica, a lo largo de más de 100 km. La cinemática de la falla indica un desplazamiento del bloque meridional hacia el NE. En la zona occidental de la Cordillera Cantábrica, en las proximidades del área de estudio, la traza de la falla rota paralela al Arco Ibero-Armoricano y se divide en tres sistemas de fallas que cortan y bordean el Manto de la Sobia por el S (Alonso et al., 2009).

La traza central de la falla transcurre pegada a la SS a lo largo de más de 10 km, siguiendo su margen OSO. El movimiento de los tres bloques en que se divide la Falla de León en esta zona, produce el cabalgamiento en fuera de secuencia entre los terrígenos sin-orogénicos, de edades Wesfaliense y Estefaniense descritos, y sobre las calizas del Devónico superior y Carbonífero inferior que constituyen el relieve de la sierra.

Estas calizas presentan una fracturación que aumenta en densidad hacia la vertiente occidental de la sierra y que está condicionada por la orientación de la traza de la falla respecto a la estructura del sinforme de la Sobia. La distribución de la densidad de fracturación permite identificar dos sectores de intensa fracturación: 1) el sector Carrea-Entrago, donde se localizan las mayores avalanchas de rocas, y 2) el sector de Villa de Sub-Fresneo, donde la traza de la falla varía su rumbo.

En el sector Carrea-Entrago la traza central tiene rumbo NO y los sistemas conjugados de fracturas son consistentes con una orientación del máximo esfuerzo compresivo hacia el NE, lo que produce el re-apretamiento de la geometría en arco de la sierra. El sistema de esfuerzos asociado a este re-apretamiento favorece el desarrollo de avalanchas.

En el sector Villa de Sub-Fresneo, la rama central de la Falla corta perpendicularmente el sinforme de la Sobia. La disposición de las fracturas sobre en este sector es consistente con una dirección del máximo esfuerzo compresivo hacia el N desarrollando dos sistemas conjugados de fracturas, en los que las fracturas de dirección NO rotan a dirección N, haciéndose paralelas a la traza central de la falla, mientras que el sistema de fracturas NE tiene menor continuidad.

4. LAS AVALANCHAS DE ROCAS

Por debajo de los escarpes rocosos calcáreos, en los frentes O y S de la Sierra de la Sobia, las laderas están en gran parte recubiertas de depósitos de avalanchas de rocas; se trata de depósitos compuestos casi exclusivamente por calizas, con textura caótica, fuertemente heterométricos y con bajos contenidos en matriz. En el depósito predominan los clastos de dimensiones métricas, correspondientes a bloques calcáreos angulosos y frecuentemente

se reconocen fragmentos rocosos de grandes dimensiones, llegando a las decenas de m^3 . En muchos casos se reconocen varias lenguas de depósito superpuestas, lo que sugiere el carácter recurrente del proceso. Aisladamente también aparecen fragmentos desprendidos del escarpe, que han sufrido poco transporte y con tamaños mayores que alcanzan los $500 m^3$.

De acuerdo con la morfología de las avalanchas rocosas y la gran cantidad de masa de roca implicada en cada una de ellas, pueden ser consideradas como eventos catastróficos y esporádicos de desprendimiento rocoso, si bien a larga escala temporal son el proceso principal de evolución de las laderas estudiadas.

4.1. El sector Carrea-Entrago

La ladera occidental de la Sierra discurre paralela a la traza de la falla y es un escarpe calcáreo sub-vertical que sobrepasa los 200 m de altura y se orienta hacia el SO a lo largo de más de 10 km. La traza de la falla es paralela al rumbo de las capas sub-verticales de caliza tableada. Además, el escarpe está fracturado siguiendo dos sistemas sub-verticales de rumbos $N010^\circ E$ y $N090^\circ E$.

En todo el escarpe se reconocen zonas de fractura y, al pie, grandes depósitos de avalanchas rocosas. La distribución del relieve en esta ladera presenta tramos superiores de roquedo calcáreo, con valores medios de pendiente superiores a 45° y presencia de escarpes casi verticales, y por debajo, las áreas de depósito, de morfología irregular y con valores de pendientes entre 15 y 20° . Parte de los depósitos de avalancha rocosa están actualmente recubiertos por vegetación, evidenciando su antigüedad, mientras que otros son claramente más modernos y corresponden a depósitos desnudos con clastos muy angulosos.

En la figura 2 se muestra un fragmento de la cartografía geomorfológica que ilustra esta situación. La localidad de Entrago (en la parte baja del depósito marcado como 1) se asienta sobre un depósito de antiguas avalanchas y por encima se reconocen al menos otras dos avalanchas rocosas posteriores.

La configuración de los escarpes de las avalanchas mayores en todo este sector es similar al mostrado en la figura 2, lo que sugiere un mismo patrón de rotura activándose secuencialmente primero las fracturas $N10E$

con desplazamiento dextro-horizontal y después las fracturas $N90E$ con la misma cinemática.



Fig. 2. Depósitos de ladera y principales zonas de desprendimiento rocoso en el margen NE de la Sierra de la Sobia. Sobre la ladera se ha marcado el trazo cartográfico aproximado de la Falla de León.

Fig. 2. Slope deposits and major areas of rocky evolution in the NE margin of the Sierra de la Sobia. Approximate cartographic trace of Leon Fault is marked on the hillside.

4.2. El sector Villa de Sub-Fresneo

Este sector incluye todo el borde meridional de la Sierra de la Sobia y presenta una mayor complejidad estructural debido a un cambio de rumbo de la Falla de León.

En la zona de fracturación del borde S (Villa de Sub) la estratificación se dispone oblicua a la traza principal de la falla, lo que produce una rotación en el sistema conjugado de fracturas (de rumbos $N025^\circ E$ y $N160^\circ E$) que sugiere una disposición del máximo esfuerzo compresivo hacia el N.

En este escarpe sur se reconocen tres grandes avalanchas, dos de los depósitos tienen forma

cónica y evidencian al menos tres episodios catastróficos. La aparentemente más reciente de ellas se localiza directamente sobre el pueblo de Villa de Sub (Figura 3).



Fig. 3. Avalancha de rocas localizada sobre la población de Villa de Sub, en la zona sur de la Sierra de la Sobia
 Fig. 3. *Villa de Sub rock avalanche, S margin of the Sierra de la Sobia.*

En la avalancha de Villa de Sub el último evento catastrófico es anterior a las construcciones más antiguas del pueblo, pero se siguen registrando desprendimientos de bloques de grandes dimensiones. La ausencia de un registro sísmico completo no facilita establecer relaciones entre los sistemas de fallas activas y las avalanchas, si bien, la reciente instalación de geófonos ha registrado una coincidencia temporal en Enero de 2004 de baja intensidad, en el que se produjo un desprendimiento rocoso de unos 15 m³ que llegó a la población de Villa de Sub.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con los proyectos CLG2010-14890 y CGL2011-23628/BTE de la Secretaría de Estado para la Investigación, Desarrollo e Innovación

REFERENCIAS

- Alonso, J.L., Marcos, A., Suárez, A. 2009. Paleogeographic inversion resulting from large out of sequence breaching thrusts: The León Fault (Cantabrian Zone, NW Iberia). A new picture of the external Variscan Thrust Belt in the Ibero-Armorican Arc. *Geologica Acta*, 7(4), 451-473.
- Antinao, J.L., Gosse, J. 2009. Large rockslides in the Southern Central Andes of Chile (32–34.5°S): Tectonic control and significance for Quaternary landscape evolution. *Geomorphology* 104(3-4), 117-133.
- De Sitter, L.U. 1962. The structure of the Southern slope of the Cantabrian Mountains. *Leidse. Geol. Meded.* 26, 255-264.
- Dunning S.A., Mitchell, W.A., Rosser, N.J., Petley, D.N. 2007. The Hattian Bala rock avalanche and associated landslides triggered by the Kashmir Earthquake of 8 October 2005. *Engineering Geology* 93 (2007) 130–144.
- Fasani, G. Bianchi, Di Luzio, E., Esposito, C., Evans, S.G., Mugnozsa, Scarascia G., 2014. Quaternary, Catastrophic Rock Avalanches in the Central Apennines (ITALY): Relationships with Inherited Tectonic Features, Gravity- Driven Deformations and the Geodynamic Frame. *Geomorphology*, doi:10.1016/j.geomorph.2013.12.027.
- Hermanns, R.L., Schellenberger, A. 2008. Quaternary tephrochronology helps define conditioning factors and triggering mechanisms of rock avalanches in NW Argentina. *Quaternary International* 178(1), 261-275.
- Julivert, M. 1971 Décollement tectonics in the Hercynian cordillera of NW Spain. *American Journal of Science*, 270, 1-29.
- Lefort, J.P. 1989. Basement Correlation across the North Atlantic. *Belin, Spriger-Verlag*, 148 pp.
- Marcos, A. 1968. Nota sobre el significado de la Leon line. *Breviora Geol. Astúrica*, 12(3), 1-5.
- Penna, I.M., Hermanns, R.L., Niedermann, S., Folgueral A., 2011. Multiple slope failures associated with neotectonic activity in the Southern Central Andes (37°–37°30'S), Patagonia, Argentina. *Bulletin of the Geological society of America* 123(9-10), 1880-1895.