

# Deslizamientos en Sierra Elvira (provincia de Granada). Su probable relación con paleoterremotos

*Landslides in Sierra Elvira (Granada province). Their probable relation with palaeoearthquakes*

Carlos Sanz de Galdeano<sup>1\*</sup> y Rafael Carvajal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Exmiembro del IACT (CSIC – Univ. Granada). C/ Cervantes, 10. La Zubia (18140 – Granada). [csanz@ugr.es](mailto:csanz@ugr.es)

<sup>2</sup> Urbanización Florida Sur, 4. 18150. Gójar (Granada). [rgeo@correo.ugr.es](mailto:rgeo@correo.ugr.es)

\*Corresponding author

## ABSTRACT

In Sierra Elvira there are coherent limestone mass slides. In addition to the lithology, the structure (a south-vergent anticline and important faults) favored the sliding. The core of the anticline was exposed when the erosion took away its softer envelope. These landslides were probably triggered by important paleoearthquakes accounted in recent times, a hypothesis that is supported by the intense active seismicity existing in the area.

**Key-words:** Erosion, landslides, paleoearthquakes.

## RESUMEN

En Sierra Elvira existen deslizamientos de masas coherentes de calizas. Su formación fue favorecida por la litología, la estructura del área (un anticlinal volcado vergente al sur y la presencia de fallas importantes). El núcleo del anticlinal quedó expuesto cuando la erosión le quitó su envoltura más friable. Esos deslizamientos fueron probablemente desencadenados por paleoterremotos importantes acaecidos en tiempos geológicos recientes, hipótesis que se apoya en la intensa actividad sísmica actual y reciente de la región.

**Palabras clave:** Deslizamientos, erosión, paleoterremotos.

Geogaceta, 75 (2024), 67-70

<https://doi.org/10.55407/geogaceta100353>

ISSN (versión impresa): 0213-683X

ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 14/06/2023

Fecha de revisión: 24/10/2023

Fecha de aceptación: 24/11/2023

## Introducción

La estructura y la litología determinan la evolución de las laderas, y de acuerdo con ellas se desarrollan distintos tipos de derrubios así como deslizamientos. Muchos de estos procesos suelen ocurrir en terrenos blandos que, empapados en agua, tienden fácilmente a deslizar, pero otros afectan a rocas competentes si se dan las condiciones necesarias. Pero la identificación de deslizamientos no siempre es fácil, particularmente algunos ocurridos en terrenos coherentes y cuando la estructura no es simple, por lo que en ciertos casos pasan inadvertidos.

Eso sucede en la ladera sur de la parte alta de Sierra Elvira (cuyo punto culminante se encuentra a 1102 m de altura, en el pico Elvira o Morrón de Enmedio) donde la estructura es compleja, por lo que en algún caso surge la duda de si las rocas están *in situ* formando parte de la estructura, o bien están deslizadas. Por esa razón, aunque tales deslizamientos existen en Sierra Elvira, su presencia no se ha visto reflejada en ninguna cartografía de la zona que conocamos.

Destacar la existencia de esos deslizamientos así como de sus condicionantes, es el propósito de la presente contribu-

ción. Entre estos condicionantes se resalta su posible origen sísmico, en un sector donde existen importantes fallas activas que además facilitan la existencia de un notorio hidrotermalismo (Castillo, 2006).

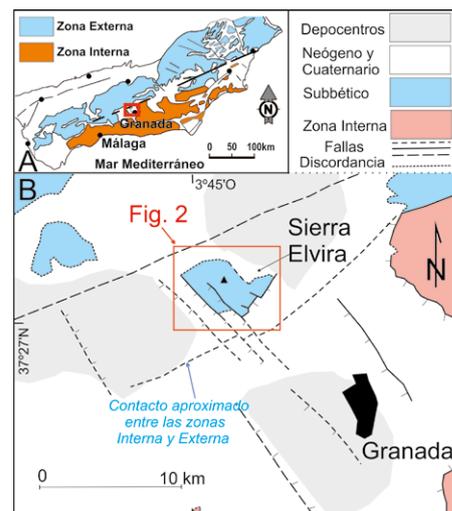
El área en estudio, la ladera sur de la parte alta de Sierra Elvira, está a unos 10 km al NNO de la ciudad de Granada (Figs. 1 y 2). Este sector se sitúa en la Zona Externa Bética, en lo que García Dueñas (1967) denominó Dominio Subbético Medio Meridional.

## Estratigrafía

La serie estratigráfica de Sierra Elvira está formada en su base por arcillas y limos versicolores, entre los que abundan los tonos rojos, verdes y amarillos. Esos sedimentos tienen yesos intercalados y, localmente, rocas básicas de tipo ofitas, además de algunas calizas y margocalizas tableadas. Se atribuyen al Triásico Superior y alcanzan varios cientos de metros de espesor, pero en el sector estudiado pueden observarse tan solo unas decenas de metros, ya que se encuentran muy deformados.

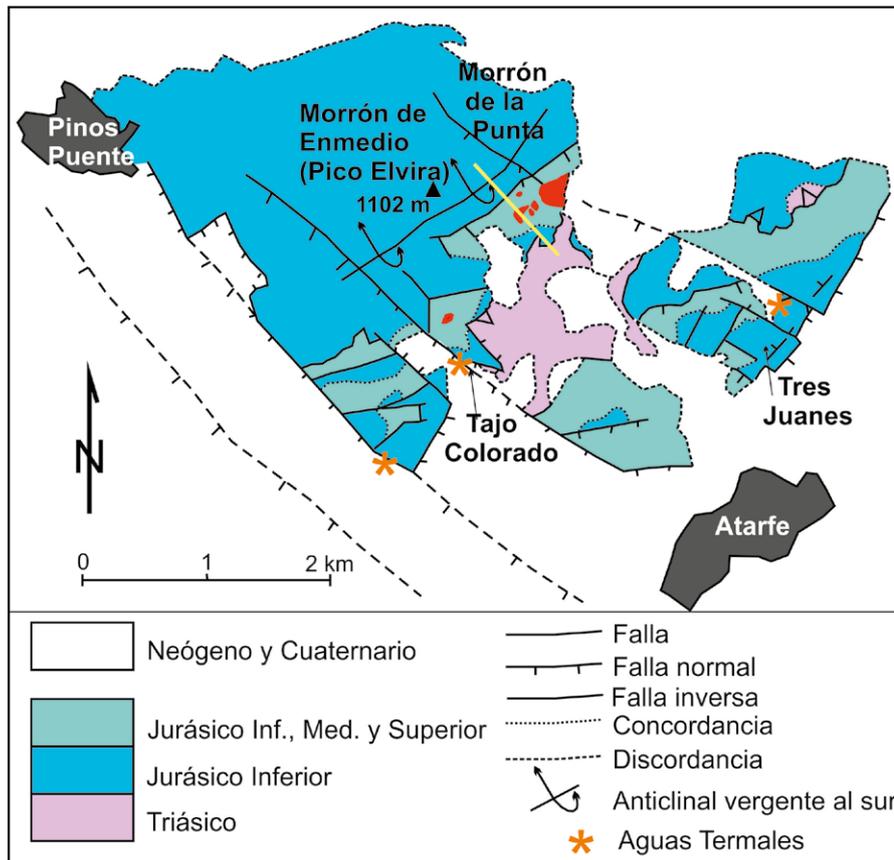
Estratigráficamente encima hay dolomías oscuras de varios cientos de metros de espesor. Son del Jurásico In-

ferior, aunque en su base podrían incluir parte del Triásico. Sobre ellas hay calizas de tonos más claros que en su parte superior presentan sílex oscuro en nódulos, a veces casi en bancos, y terminan en ca-



**Fig. 1. Situación regional de Sierra Elvira. A: En la Cordillera Bética. El cuadrado rojo indica la posición de B. B: En su entorno geológico próximo. El cuadrado indica la posición de la figura 2 (ver figura en color en la Web).**

*Fig. 1. Regional situation of Sierra Elvira. A: In the Betic Cordillera. The red square indicates the position of B. B: In its immediate geological environment. The square indicates the position of figure 2 (see color figure in Web).*



**Fig. 2. Esquema geológico de Sierra Elvira. En rojo se indica la posición de los deslizamientos de calizas. La línea amarilla señala la posición del corte de la figura 3 (ver figura en color en la Web).**

*Fig. 2. Geological scheme of Sierra Elvira. In red the position of the limestone landslides is indicated. The yellow line corresponds to the position of the cross-section of figure 3 (see color figure in Web).*

lizas con crinoides. Son del Jurásico Inferior y pueden llegar a 200 m de espesor. Encima existen algunos niveles de calizas nodulosas y una sucesión de margocalizas y margas de tonos claros que tiene un espesor conjunto que puede superar los 100 m. Su edad comprende la parte alta del Jurásico Inferior (Domeriense) y parte baja del Medio (Aalenense). Sobre esos materiales hay niveles de radiolaritas y margas silíceas, con una potencia conjunta de unos 25 m, seguidas por calizas, calizas nodulosas y margocalizas que alcanzan del orden de 35 m. Estos términos corresponden al Jurásico Medio y Superior.

### Estructura de Sierra Elvira

La estructura de Sierra Elvira es bastante complicada. El rasgo que destaca en primer lugar es un *horst* complejo que se ha elevado en medio de la cuenca neógena-cuaternaria de Granada. Particularmente su límite occidental está formado por fallas normales de dirección NO-SE (Figs. 1B y 2) que hunden los bloques del

oeste cuyo salto vertical conjunto supera los 1000 metros, formando el depocentro más importante de la cuenca de Granada (Rodríguez- Fernández y Sanz de Galdeano, 2006), (en la figura 1 se muestra este depocentro y otros dos, al NE y SE de Sierra Elvira). Es sede de una notoria actividad sísmica que ha producido daños en diversas ocasiones. Así sucedió en 1956 (López Casado *et al.*, 2001), o más recientemente, desde finales de 2021 hasta bien entrado 2022. Situar los hipocentros de los terremotos en el depocentro principal implicaría llenarlo totalmente de los símbolos correspondientes.

Además de las fallas NO-SE, y de otras de dirección NE-SO, así, las que delimitan Sierra Elvira por el SE, este sector se encuentra muy cerca del contacto con la Zona Interna Bética, cuyo trazado no se observa pues está oculto por sedimentos neógenos y cuaternarios, pero que no debe situarse a más de 2 o 3 km al sur (Fig. 1).

Entre los rasgos más antiguos de la estructura de Sierra Elvira destaca la presencia de un diapiro que elevó materia-

les triásicos. Esta es la razón por la que dos fallas normales (las que limitan el Tajo Colorado) (Fig. 2) hunden materiales triásicos que previamente se habían elevado. Este diapiro se sitúa en la parte central de Sierra Elvira, limitando con los picos de los Morriones, su sector más elevado, cuya ladera sur es el objeto de este trabajo.

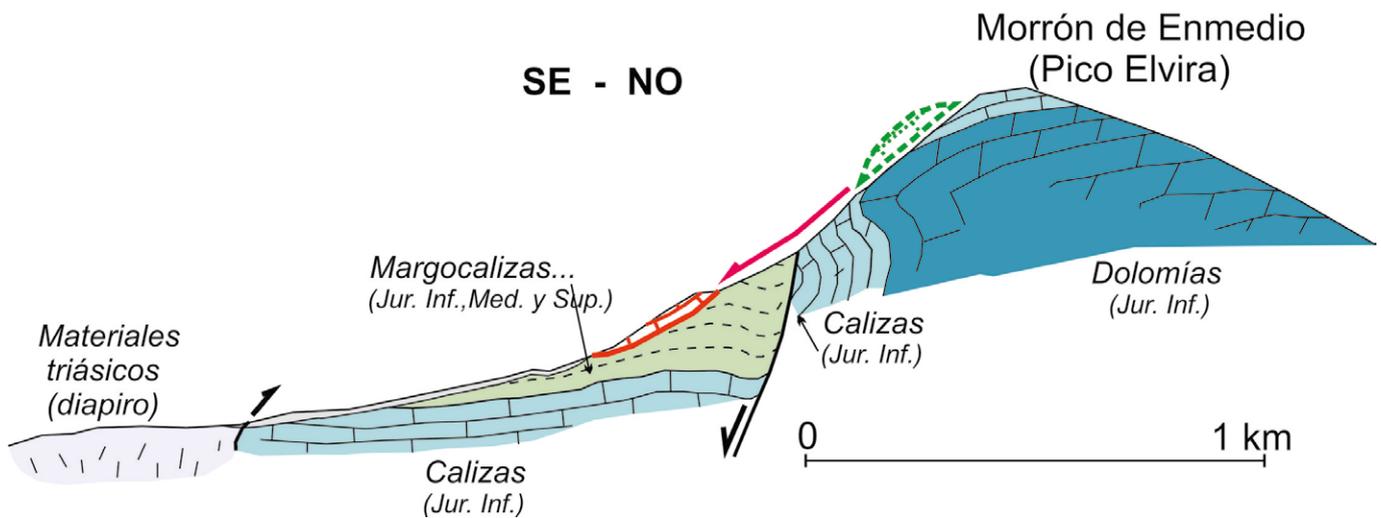
En los Morriones la principal estructura corresponde a un anticlinal con un flanco invertido (Figs. 2 y 3) vergente hacia el SE en el que las calizas situadas sobre las dolomías están invertidas. Este anticlinal está cortado en su parte meridional por una falla NE-SO, la cual, para Lupiani Moreno y Soria Mingorance (1988), es una falla inversa vergente hacia el SE. De hecho, existen allí contactos entre materiales del Jurásico Medio y Superior (radiolaritas y calizas nodulosas) con calizas del Jurásico Inferior. Falta por tanto la formación de margocalizas y margas. Sin embargo, al examinar la traza de la falla, su geometría indica una superficie fuertemente buzante hacia el SE (Fig. 3) por lo que debe tratarse de una falla normal paralela a las del borde SE de Sierra Elvira. Su salto vertical puede ser superior a 200 m y corta abruptamente al anticlinal.

Al sur de esta falla la estructura es mucho más suave, cuya continuidad está interrumpida por el diapiro (Fig. 3) y, hacia el SO por varias fallas normales, tal como las del Tajo Colorado de dirección NO-SE.

### Deslizamientos de masas coherentes de carbonatos

El hecho de que buena parte de la ladera SE de los Morriones corresponda a calizas y dolomías, hace que varios afloramientos de masas deslizadas de calizas pasen desapercibidos al ser fácilmente confundidos con otros que están claramente *in situ*. Sin embargo, el análisis de los contactos de varias de estas masas con los terrenos adyacentes muestra claramente que constituyen terrenos deslizados sobre materiales más modernos, del Jurásico Medio y Superior. Estos deslizamientos se concentran al sur de los llamados Morriones de Enmedio y de la Punta, mientras que solo se ha localizado uno al NO del Tajo Colorado (Fig. 2).

El afloramiento que más claramente se identifica como una masa deslizada se sitúa al SE del Morrón de Enmedio y tie-



**Fig. 3. Corte geológico que indica las posiciones original (verde) y actual (rojo) del deslizamiento del Morrón de Enmedio mostrado en la figura 4. Su traza se señala en la figura 2 (ver figura en color en la Web).**

*Fig. 3. Geological cross section indicating the original (green) and current (red) positions of the landslide shown in figure 4. Its trace is indicated in figure 2 (see color figure in Web).*

ne unos 150 m de longitud. Está formado por calizas del Jurásico Inferior que aparecen superpuestas a terrenos del Jurásico Medio y Superior (Figs. 2 a 4). Este deslizamiento ha dejado una cicatriz en las calizas del Morrón de Enmedio de las que procede (Figs. 3 y 4A). Esa marca se ve mejor a distancia, a algo más de 1 km, pues cerca del deslizamiento la perspectiva existente no permite verla. La masa de calizas se desplazó unos 250 m desde su posición original.

Directamente al E de ese deslizamiento existe otro de mayor tamaño que está situado sobre los mismos materiales margosos, además de otros deslizamientos menores (Fig. 2). En la parte más oriental del Morrón de la Punta se observa una notoria acumulación de derrubios de dolomías en la ladera, pero no como una masa coherente deslizada.

## Discusión

Los deslizamientos descritos se han producido, salvo uno, desde la parte alta de la ladera sur de los Morrones, es decir, desde el flanco elevado del anticlinal vergente al SE (Fig. 2). En esa parte del anticlinal, las calizas tenían, y en buena parte tienen, buzamientos elevados hacia el SE, llegando en algún caso a ser verticales. Es decir, tenían tendencia a caer, aunque originalmente estaban protegidos por otros sedimentos más jóvenes. Esos sedimentos fácilmente erosionables, dada su litología principalmente margoso-calcareo, desaparecieron conforme la erosión progresó.

Los deslizamientos ahora descritos

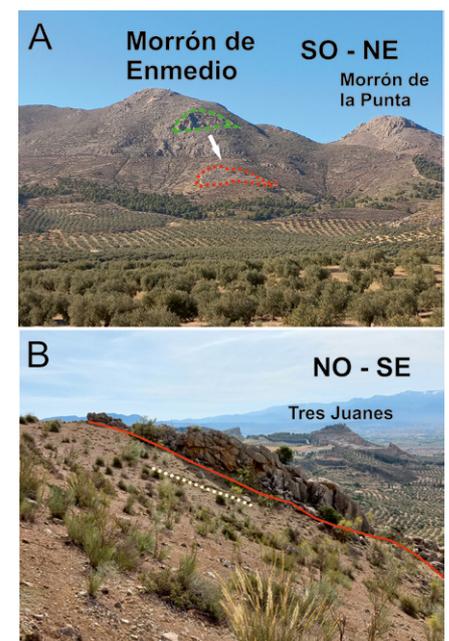
se formaron en un momento en el que la ladera sur de los Morrones ya estuvo suficientemente erosionada, pues se produjeron sobre un relieve bastante parecido al actual, cuando ya las calizas del Jurásico inferior no tenían ningún apoyo externo. Implica esto que su edad debe ser reciente, posiblemente del Pleistoceno Superior – Holoceno antiguo.

En ese proceso, una vez que las calizas ya estuvieron en una situación de inestabilidad, se puede apelar a un posible claro factor de desencadenamiento existente en el sector. Se trata de fuertes terremotos. Ya se ha citado la notoria abundancia de terremotos recientes en este sector, junto a una constante microsismicidad. En el pasado, sin duda, han debido actuar repetidamente.

Las fallas a las que se pueden atribuir esos terremotos son en primer lugar las del juego NO-SE que limitan la parte occidental de Sierra Elvira y que también se observan en el interior y existen en el citado depocentro. Junto a ellas hay otras muchas fallas, de manera que Sierra Elvira está enormemente fracturada (en imágenes de satélite se observa que muchos sectores presentan gran densidad de fallas, individualizado bloques). Y, además, tampoco se pueden descartar los efectos que pudieron provocar posibles terremotos producidos por fallas más lejanas.

Finalmente cabe indicar que en la parte SE de Sierra Elvira, cerca de la Ermita de los Tres Juanes, a pesar de la existencia de fallas importantes, no se han observado deslizamientos de masas coherentes como las señaladas en el sector de los Morrones (Fig. 2). Allí, las

calizas y dolomías buzaban hacia el interior del relieve y, en consecuencia, no tienen tendencia a caer por deslizamiento a fa-



**Fig. 4. Vista del deslizamiento de calizas más claramente visible. A: en verde la cicatriz en la montaña y en rojo la posición actual de la masa deslizada. En ambos casos se conserva la forma de media luna del deslizamiento. B: detalle de parte de ese deslizamiento que descansa en ese punto sobre sedimentos del Jurásico Medio (la línea de puntos amarillos indica la estratificación de estos) (ver figura en color en la Web).**

*Fig. 4. View of the most visible limestone slide. A: in green the scar on the mountain and in red the current position of the slid mass. In both cases, the crescent shape of the slide is preserved. B: detail of part of that landslide that rests at that point on Middle Jurassic sediments (the yellow dotted line indicates their stratification) (see color figure in Web).*

vor de las superficies de estratificación, a diferencia de lo que sucede en el sector aquí tratado.

## Conclusiones

Los deslizamientos de masas calizas coherentes en la ladera sur de los Morrones de Sierra Elvira han estado controlados por tres factores. Uno de ellos corresponde a la estructura, pues es preciso que esas calizas se encuentren en una posición que facilite la caída. El segundo se debe a la acción de la erosión, que puso al aire esos materiales. Y el tercero es la acción de terremotos capaces de actuar como desencadenantes de los deslizamientos.

La estructura de la parte sur de los Morrones cumple el requisito de situar las calizas en posición inestable gracias a la existencia del anticlinal vergente al SE y a la falla que hundió parte de la ladera sur de los Morrones. Esto no sucede en el frente SE de Sierra Elvira pues aunque está limitado por fallas importantes, allí las calizas buzan contra la montaña, lo que no ha facilitado los deslizamientos.

La erosión también ha cumplido su función y se llevó los materiales del Ju-

rásico Medio a Cretácico que envolvían a las calizas, exponiéndolas a su posible caída. Aun así, se podría pensar que el factor principal desencadenante fuera la lluvia, pero en ese caso muy probablemente la caída habría sido desprendiendo bloques sueltos, y no como una masa coherente que se deslizó de un solo golpe, producto de una brusca sacudida propia de un terremoto.

Y los terremotos no han faltado en este sector desde que las fallas, sobre todo las de dirección NO-SE, comenzaron a formar el depocentro de Pinos-Puente. Por ello, los deslizamientos descritos se pueden interpretar como desencadenados por paleoterremotos que, ya desde parte del Mioceno Superior, afectan a la región.

## Agradecimientos

Las correcciones y sugerencias de los profesores A. Martín Algarra (Granada) y P. Alfaro (Alicante) han mejorado sensiblemente el texto final.

## Referencias

Braga, J.C., Jiménez, A. y Rivas, A.P. (1979). Cuadernos de Geología de la Universi-

dad de Granada, 10, 597-604

Castillo, A. (2006). *Agua subterráneas y termalismo en Sierra Elvira En: En busca del volcán de Sierra Elvira*. ISBN: 84-611-2435-9. Ed. Sociedad Grupo de Espeleólogos Granadinos. 21-25.

García Dueñas, V. (1967). *Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp.*, 101-102, 78-100.

López Casado C., Peláez Montilla J.A. y Henares Romero J. (2001). En: *La cuenca de Granada* (Sanz de Galdeano C., Peláez Montilla J.A. y López Garrido A.C (Eds). Publ. Fac. Ciencias. Granada, 148-157.

Lupiani Moreno E. y Soria Mingorance J. (1988). *Mapa geológico de España, e: 1:50.000, hoja 1025 (Granada)*. IGME, Memoria de 74 p.

Rodríguez-Fernández J. y Sanz de Galdeano C. (2006). *Basin Research*, 18, 85-102. <https://doi.org/bqnx9>

Sanz de Galdeano C. y Peláez J.A. (Eds.). (2011). *Fallas activas de la Cordillera Bética. Una aproximación a partir de la información tectónica y sísmica*. Ed. Universidad de Granada, 287 pp. I.S.B.N.: 978-84-338-5195-6. Depósito legal: Gr./367-2011. LibroE-book-9788433852410.html