



**EVIDENCIAS GEOMORFOLÓGICAS DE ACTIVIDAD
TECTÓNICA CUATERNARIA EN EL FRENTE
MONTAÑOSO DEL BORDE SUR DE SIERRA NEVADA:
LA FALLA NORMAL DE LAUJAR DE ANDARAX**

*Geomorphological evidences of activity quaternary in the mountain front
of the south border of Sierra Nevada. The normal fault of Laujar de Andarax*

F. J. García Tortosa¹, & C. Sanz de Galdeano²

(1) *Depto. de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas
23071 Jaén, Spain. gtortosa@ujaen.es*

(2) *Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Universidad de Granada),
Facultad de Ciencias, Univ. Granada, 18071 Granada, Spain. csanz@ugr.es*

Resumen: En el sector de Laujar de Andarax, en el contacto entre el borde sur de Sierra Nevada y el Corredor de las Alpujarras, existe una zona de falla normal activa que se describe por primera vez en este trabajo. Esta falla, que tiene una dirección media E-O, genera un marcado frente montañoso y afecta a materiales del Pleistoceno superior. El frente montañoso se prolonga hacia el oeste menos conservado debido al fuerte encajamiento de la red fluvial. Por el contrario, el sector de Laujar se encuentra menos afectado por dicho encajamiento al situarse entre la divisoria de los ríos que drenan gran parte del corredor (Adra y Andarax). Esta situación ha permitido la conservación de materiales cuaternarios de piedemonte, pudiéndose observar y cuantificar la deformación en base a las edades asignadas. Los valores de levantamiento estimados para el borde sur de Sierra Nevada estarían comprendidos entre 0,43 y 0,75mm/año.

Palabras clave: Tectónica activa, frente montañoso, falla normal, Corredor de las Alpujarras, Cordillera Bética.

Abstract: In the sector of Laujar of Andarax, in the contact of the south border Sierra Nevada and the Alpujarran corridor, an active normal fault exists, now described for the first time in this work. This fault, with an E-W direction, generates a marked mountain front and affects to upper Pleistocene sediments. This mountain front is prolonged toward the west, but less conserved due to the fluvial erosion. By the contrary, the sector of Laujar, in the watershed of two rivers draining great part of the Alpujarran corridor (Adra and Andarax), is less affected by the fluvial erosion, conserving Quaternary piedmont deposits. This fact allowed to observe and quantify the deformations. The uplift rates of the south border of Sierra Nevada according to the vertical movements and the age of the sediments affected by the fault zone are comprise between 0,43 and 0,75mm/year.

Keywords: Active tectonics, mountain front, normal fault, Alpujarran Corridor, Betic Cordillera.



F. J. García Tortosa y C. Sanz de Galdeano (2007). Evidencias geomorfológicas de actividad tectónica cuaternaria en el frente montañoso del borde sur de Sierra Nevada: la falla normal de Laujar de Andarax. *Rev. C & G.*, 21 (3-4), 101-112.

1. Introducción

La tectónica reciente en el Corredor de las Alpujarras ha sido tratada en diferentes trabajos (Sanz de Galdeano et al., 1985 y 1986; Rodríguez Fernández et al., 1990; Martínez Díaz, 2000; García et al., 2003; Martínez Díaz y Hernández Enrile, 2004; Martínez Martínez, 2006 y Martínez Martínez et al., 2006). En ellos se describen las fallas fundamentalmente de salto en dirección que generaron el corredor y que caracterizan su morfoestructura (en buena parte debida a los desplazamientos verticales de las fallas, subordinados a los horizontales).

El Corredor de las Alpujarras es una zona deprimida controlada principalmente por fallas E-O, con los antiformes de Sierra Nevada al norte y Gádor-Contraviesa al sur (Fig. 1), formada fundamentalmente desde el Mioceno medio y muy particularmente a partir del Mioceno superior, en varias etapas de traslación y levantamiento. Las diferentes estructuras tectónicas que afectan al corredor hacen que la dirección de los principales rasgos geomorfológicos sea aproximadamente E-O.

La sismicidad que actualmente se registra en el Corredor de las Alpujarras se atribuye sobre todo, pero no únicamente, a fallas de salto en dirección, con numerosos eventos sísmicos de magnitudes comprendidas entre 2 y 3,8 mb (Martínez Martínez et al., 2006). A pesar de ello, buena parte de los rasgos activos que se observan en este corredor, fundamentalmente en las fallas directamente ligadas al borde sur de Sierra Nevada, corresponden a desplazamientos verticales de tipo normal.

En el presente trabajo se describe por vez primera una zona de fallas normales que afectan a materiales cuaternarios, situada en las proximidades de Laujar de Andarax, en la parte centro-oriental del Corredor de las Alpujarras (Fig. 2).

Contexto geológico

El sector estudiado está situado en la Cordillera Bética, al sur de Sierra Nevada. En esta cordillera se distinguen, además de otros dominios, las zonas Interna y Externa, encontrándose el sector estudiado íntegramente dentro de la Zona Interna (Fig. 1), la cual se divide a su vez en tres complejos super-

puestos tectónicamente y, que de abajo arriba son el Nevado-Filábride, el Alpujárride y el Maláguide.

El borde septentrional del sector estudiado, Sierra Nevada, está constituido por unidades de los complejos Nevado-Filábride y Alpujárride (tectónicamente situado sobre el Nevado-Filábride). Hacia el sur aflora tan solo el Alpujárride, donde forma las sierras de Gádor y Contraviesa, citadas de E a O. Entre ellas se intercalan valles con fuertes incisiones locales. Ambos complejos están formados por materiales metamórficos: esquistos (también filitas en el Alpujárride) y cuarcitas, atribuidos al Paleozoico y al Trías, y mármoles triásicos.

Sobre ellos, en gran parte del Corredor de las Alpujarras se depositaron sedimentos detríticos del Serravallense (Mioceno medio) y del Tortoniense-Messiniense (Mioceno superior), marinos, que a finales del Tortoniense evolucionan a facies lacustres. Además hay sedimentos continentales atribuidos al Plioceno y Cuaternario que incluyen depósitos de ladera y abanicos aluviales fundamentalmente. A este tipo de derrubios de ladera se le suele asignar en el contexto de la Cordillera Bética una edad genérica pleistocena, sin que por ahora haya dataciones fiables en el sector estudiado. Estos materiales adosados al frente montañoso del sur de Sierra Nevada se encuentran afectados por la zona de falla estudiada (Figs. 1 y 6).

Los materiales plio-cuaternarios más antiguos en el sector de Laujar corresponden a depósitos coluviales, caídos y acumulados en la base del borde sur de Sierra Nevada. Están constituidos principalmente por cantos de mármoles alpujárrides, directamente provenientes de la de los relieves próximos (Figs. 3 y 4), empastados por una matriz arcillosa, que seguramente deriva de la karstificación de los carbonatos alpujárrides. Los clastos son por lo general angulosos y presentan tamaños comprendidos entre pocos milímetros y varios centímetros (hasta más de 10 cm). Su ordenación interna es grosera, en bancos decimétricos en los que se reconocen pendientes deposicionales de hasta 25 y 30 °, similar a la pendiente actual. El depósito aparece fuertemente cementado. Presentan gran similitud con otros depósitos de ladera cementados que aparecen en otros muchos lugares de la Cordillera Bética asociadas a relieves carbonatados (Lhénaff, 1977; Durán, 1996; Torres Girón y Recio Espejo, 1997; Gutiérrez Elorza y Estévez, 1988; Andreo et

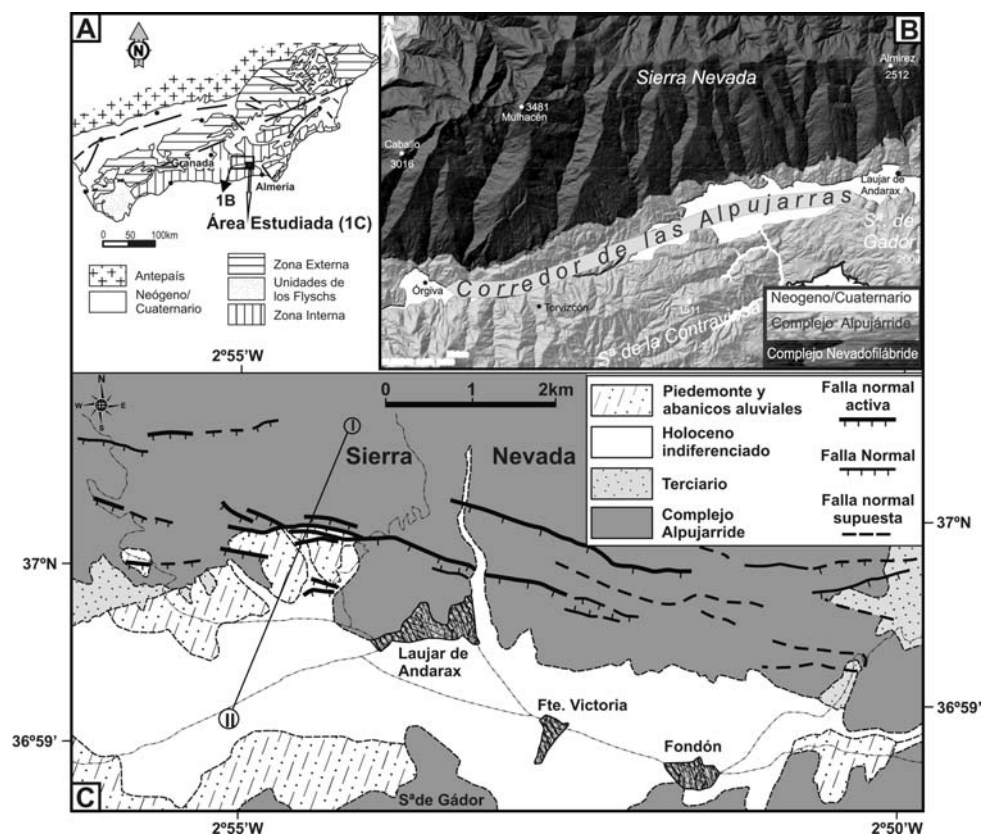


Figura 1. A: Contexto geológico. Situación general del sector estudiado dentro de la Cordillera Bética. B: Sombreado analítico a partir del MDT de parte del Corredor de las Alpujarras. C: Esquema cartográfico simplificado de la Falla de Laujar.

Figure 1. A: Geological context. Situation of the study sector in the Betic Cordillera. B: Analytical hillshading of the DEM of Alpujarran Corridor. C: Simplified geological map of the Laujar fault.

al., 1999; etc.) a los que comúnmente se les ha denominado “brechas cementadas”. La mayoría de estos autores asignan a estas formaciones un origen fundamentalmente periglacial (fenómenos de gelifracción), con cierta removilización por procesos aluviales. La inmensa mayoría de los autores que han estudiado este tipo de depósitos de ladera cementados en el contexto de la Cordillera Bética coinciden en asignarles una edad Pleistoceno superior, relacionada con los últimos periodos fríos Riss y Wurm (Durán, 1996; Torres Girón y Recio Espejo, 1997; Gutiérrez Elorza y Estévez, 1988; Muñoz Jiménez y Tanarro García, 2002; etc.) que permitieron que los procesos de periglacialismo actuaran a altitudes próximas a los 700 metros, muy por debajo de las cotas a la que se producen

actualmente, por encima de los 1800 m (Gómez Ortiz et al, 1998; Rodríguez Vidal et al, 1999, etc.). Existen además dataciones radiométricas mediante Th/U de 80.000 años para el cemento carbonatado de brechas similares a las que estamos describiendo en el Subbético de la zona de Córdoba (Torres Girón y Recio Espejo, 1997).

Por encima de los depósitos coluviales cementados aparece un nuevo conjunto de depósitos coluviales más recientes, de tonos rojizos, débilmente cementados en su parte basal, que hacia techo y lateralmente pasan a pequeños abanicos aluviales y depósitos de piedemonte en general (Fig. 5). Están también fundamentalmente constituidos por cantos carbonatados, embebidos en una matriz arcillosa poco consolidada y al igual que los anteriores apa-

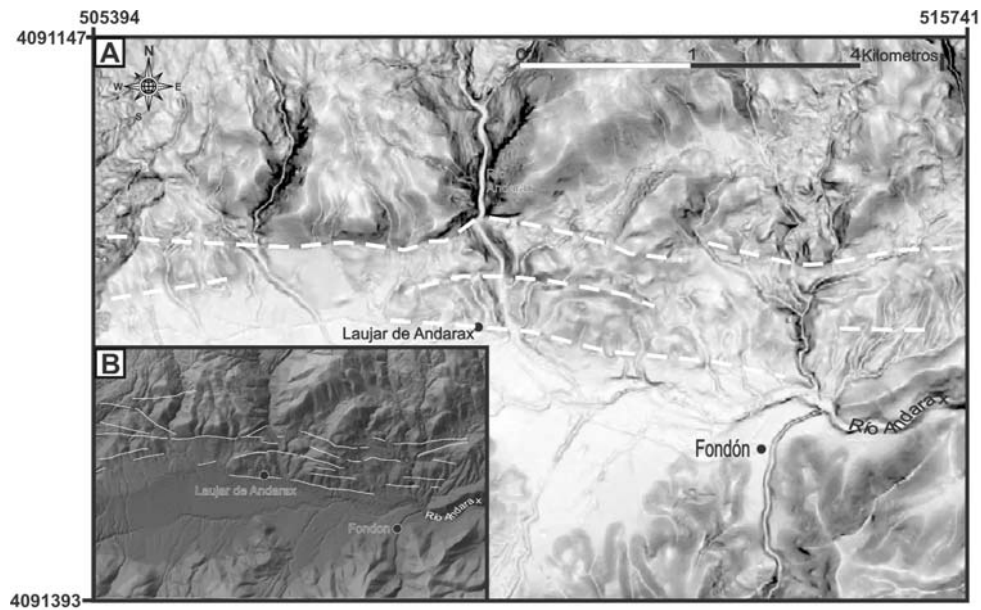


Figura 2. Mapa de Pendientes (A) y sombreado analítico (B) a partir del MDT del sector estudiado, en el que se sitúa la posición de los principales escarpes de falla.

Figure 2. Slope map (A) and analytical hillshading (B) of the DEM of the study sector, in which the main escarpments of the fault are situated.

recen ligados al relieve que constituye el borde sur de Sierra Nevada.

2. La Falla de Laujar

La Falla de Laujar tiene una orientación media ONO-ESE. No suele presentar un solo plano, sino varios paralelos o casi paralelos, con los correspondientes escarpes muy bien conservados (Figs. 6 y 7). Estos se continúan cartográficamente muy bien unos 8 km en el sector de Laujar, aunque con escarpes peor definidos la falla se prolonga hacia el oeste varias decenas de kilómetros (Fig. 8). En profundidad muchas de estas superficies de falla deben coalescer formando una sola (en algunos sectores puede observarse su unión en superficie), por lo que se describen englobándolas con el término de Falla de Laujar. Algunos de estos planos originalmente correspondieron a una antigua zona de falla de salto en dirección, tal y como se observa por las estriaciones previas desarrolladas en el basamento alpujarride. No obstante, el carácter normal de la

falla estudiada se observa netamente en los materiales cuaternarios afectados por la misma, en los que se observan planos de falla con estrías en buzamiento así como en algunos de los planos en basamento alpujarride, en los que las estrías previas subhorizontales están cortadas por otras en buzamiento.

El sector donde estas fallas son más visibles se sitúa al N de la localidad de Laujar de Andarax donde, a lo largo de unos 4 km, generan un marcado frente montañoso (Figs. 3 y 6) que se continúa hacia el oeste limitando el borde sur de Sierra Nevada (Fig. 8). En este sector al Norte de Laujar los depósitos de ladera y abanicos aluviales se encuentran significativamente afectados por los desplazamientos normales de las fallas a la vez que no muestran desplazamientos horizontales observables como ocurre en el basamento alpujarride. Este desplazamiento es superior en algunos casos a 13 m en un solo escarpe (valor mínimo pues no suele verse el basamento en el bloque hundido). Más al sur los depósitos de ladera acumulados sobre filitas y no sobre mármoles, también están cortados por fallas paralelas.

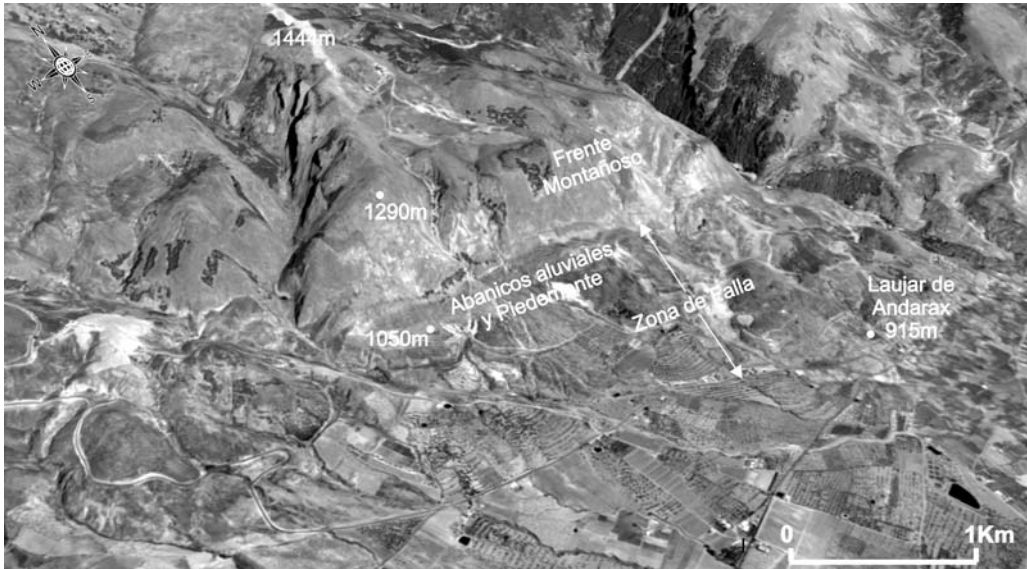


Figura 3. Panorámica en el Modelo Digital del Terreno del frente montañoso de la Falla de Laujar y de la zona de falla principal.
Figure 3. Panorama in the DEM of the mountain front of the Laujar fault and of the main fault zone.



Figura 4. Detalle de las brechas carbonatadas cementadas.
Figure 4. Detail of the cemented carbonated breccias.



Figura 5. Aspecto del coluvial reciente afectado por la zona de falla (brechas no cementadas).
Figure 5. Appearance of the recent colluvium affected by the fault zone (not cemented breccias).

Las superficies de falla buzan siempre hacia el sur con valores generalmente de unos 60° , oscilando entre 40 y 70° (Fig. 7). El número de superficies de falla, más o menos paralelas que forman diversos escarpes, varía según las transversales. En alguna de ellas tan solo se observan una o dos, por lo que el desplazamiento total se concentra en una banda de menor anchura, lo que hace que los escarpes sean más visibles.

Dado que este sector de Laujar se encuentra en la zona de divisoria de aguas de las cabeceras de los ríos Andarax, que drena hacia el este, y de Adra, que lo hace hacia el oeste, dónde el encajamiento fluvial remontante apenas ha llegado (García et al., 2003), se han conservado mejor los materiales, estructuras y rasgos geomorfológicos de origen tectónico. Estos rasgos quedan bien representados en los modelos digitales de la zona (Figs. 2 y 8), dado que los escarpes se conservan

extremadamente frescos, lo que puede ser indicativo del grado de actividad reciente de las fallas que generan el frente montañoso estudiado.

Un análisis general de la red de drenaje que atraviesa el frente montañoso permite comprobar que no existen en el sector estudiado cursos fluviales desviados por movimientos de desgarre E-O (círculos blancos en la figura 8A), lo que refuerza la idea de una tectónica vertical reciente en este sector.

El salto vertical de la Falla de Laujar se ha calculado en dos sectores. El primero de ellos se sitúa directamente al E del corte I-II (Figs. 1 y 6), donde los escarpes recientes se muestran bien y son numerosos. Se ha hecho allí la suma estimativa de las sucesivas alturas de los escarpes paralelos, que hunden los materiales hacia el sur. En todos ellos los depósitos coluviales cementados se encuentran fallados. En los escarpes situados a mayor cota (los

más septentrionales) los mármoles triásicos y los depósitos coluviales aparecen en ambos bloques de falla. En los escarpes situados a cotas inferiores los mármoles triásicos dejan progresivamente de verse al igual que la base de los depósitos coluviales cementados. Por tanto, en algunos de estos escarpes inferiores la correlación de los niveles de coluviales es solo aproximada, con lo que los saltos que se obtienen pueden ser inferiores a los reales. Tan solo se ha medido la altura del escarpe, pero niveles coluviales en el bloque de muro pueden estar cubiertos en el de techo. De esta forma se han obtenido unos desplazamientos mínimos acumulados de 60 m.

El segundo sector donde se ha medido el salto, en este caso un salto muy parcial, es al O del corte I-II (Figs. 1 y 6), donde la falla muestra un escarpe neto bien desarrollado incidido por un pequeño valle perpendicular a la ladera de Sierra Nevada. En esta zona son los depósitos coluviales no cementados de tonos rojizos los que están bien representados a ambos lados de la falla. En el bloque hundido los niveles de este coluvial están netamente arrastrados por el movimiento de la falla, verticalizándose en el contacto con ella, presentando 13 m de espesor visible, sin que llegue a aflorar su base. En el bloque levantado la base de los depósitos coluviales se encuentra desplazada hacia arri-

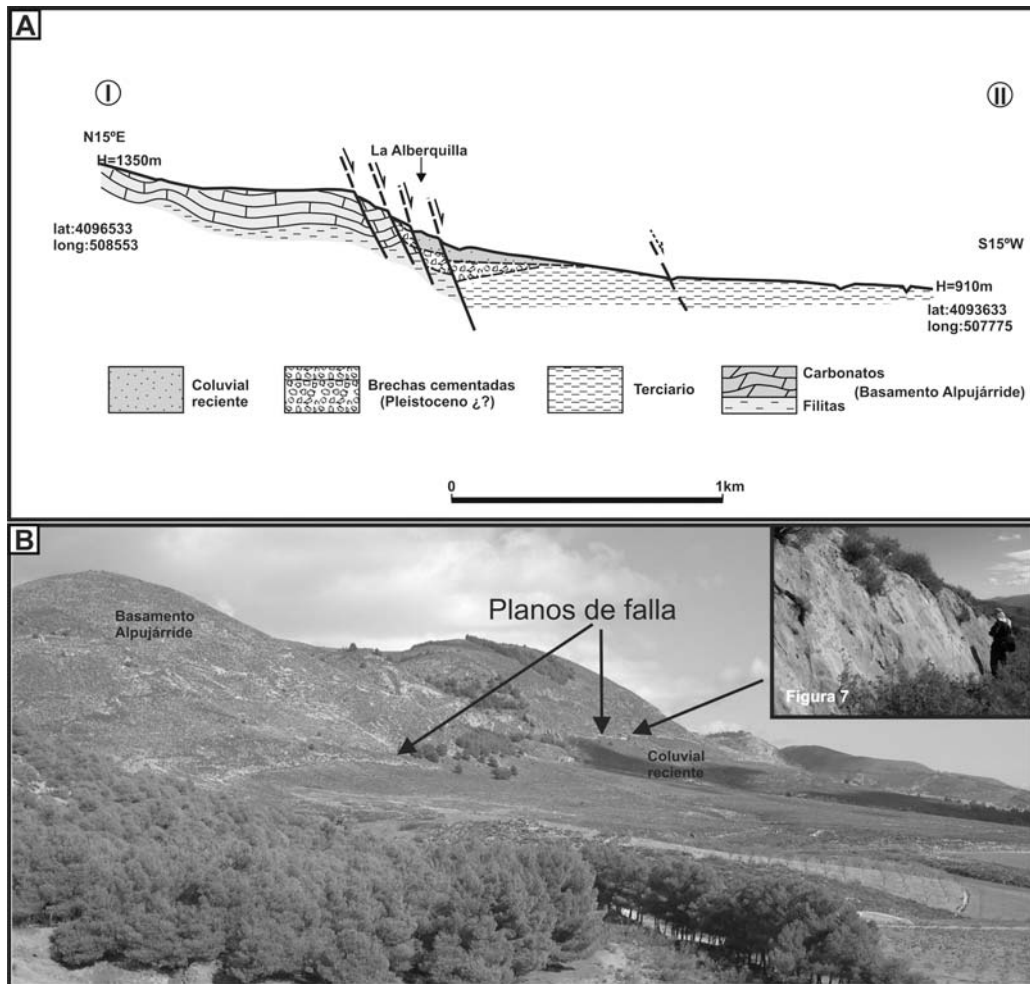


Figura 6. Corte geológico y panorámica de la zona que atraviesa dicho corte. Detalle del plano de falla localizado en la figura 1.
 Figure 6. Geological cross section and panoramic of the area. Detail of the fault plane located in the figure 1.



Figura 7. Plano principal de la falla afectando a brechas cementadas pleistocenas.
Figure 7. Main fault plane affecting to Pleistocene cemented breccias.

ba como mínimo 2 metros sobre lo que ahora es el techo de esos niveles coluviales en el bloque hundido (Fig. 9). Por tanto, teniendo en cuenta los datos anteriores, el salto mínimo que afecta a los depósitos coluviales no cementados sería superior a los 15 metros.

3. Discusión y conclusiones.

El origen del Corredor de las Alpujarras se encuadra en la estructuración tardiorogénica de la Cordillera Bética, con predominio de una tectónica de desgarre para el sector. Sin embargo, en la configuración actual del corredor y de su límite septentrional, el borde sur de Sierra Nevada, han jugado un importante papel los movimientos verticales asociados a una zona de falla normal de gran con-

tinuidad que limita el borde sur de Sierra Nevada. Martínez Martínez et al. (2006) señalan numerosos epicentros de terremotos cuyas magnitudes (Mb) son pequeñas, comprendidas entre 2 y 3,8, localizados en el Corredor de las Alpujarras, muchos de los cuales muestran mecanismos focales correspondientes a fallas de desgarre con uno de los planos nodales de dirección E-O y carácter dextrorso. Aún así, en el sector de Laujar, los movimientos recientes coinciden con los mecanismos focales de fallas normales que los anteriores autores señalan en el sector próximo del NO de Sierra de Gádor, si bien con planos nodales de dirección ENE-OSO, o sea, un poco desviados de la dirección E-O del sector de Laujar.

El sector estudiado está incluido un contexto compresivo casi N-S (Galindo Zaldívar et al., 1993, 2003) que produjo el antiforame de Sierra Nevada y

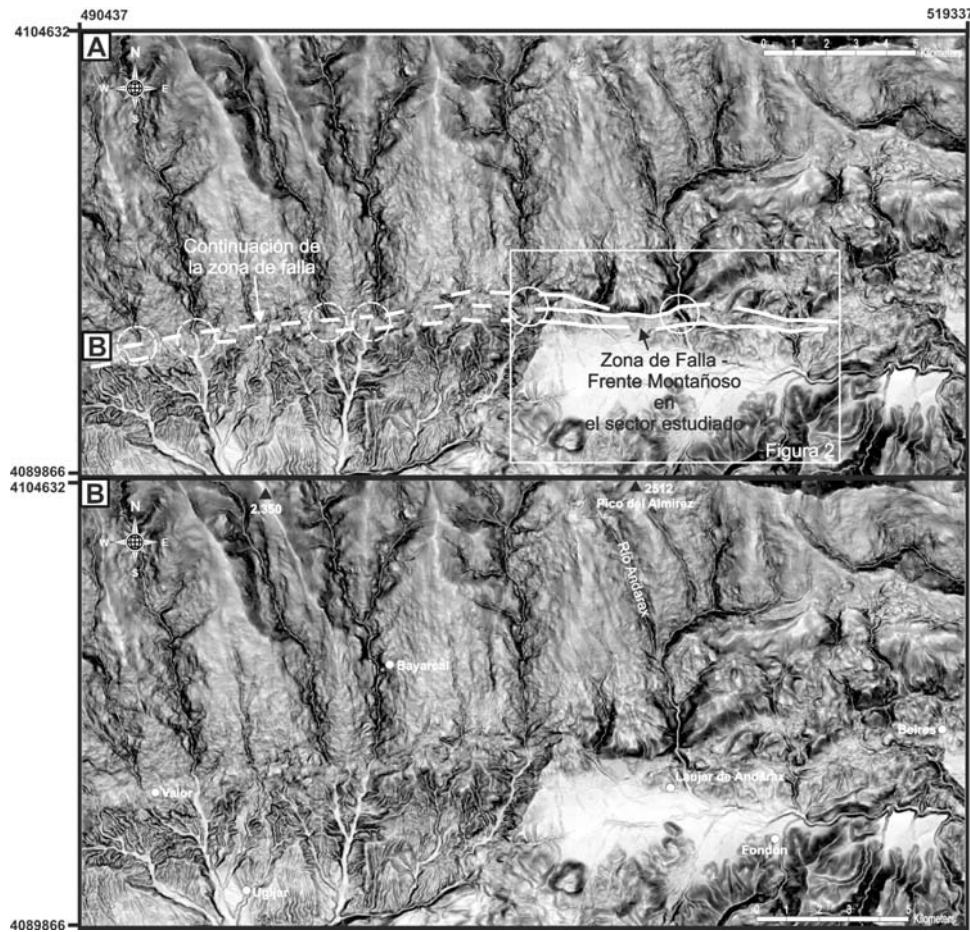


Figura 8. Prolongación del mapa de pendientes de la zona hacia el oeste, donde se observa la continuación de la zona de falla – frente montañoso (trazas blancas). Los círculos señalan sectores donde se observa que la red fluvial no está afectada por estructuras de desgarre.

Figure 8. Extension of the slope map toward the west, where the continuation of the fault zone – mountain front (white traces), is observed. Circles indicate sectors where is clearly observed that the fluvial network is not affected by lateral displacements.

su elevación, aún en progreso. No obstante, este levantamiento produce en sectores superficiales de la corteza fallas normales como efecto del movimiento diferencial entre diferentes bloques. Estas fallas normales han creado un frente montañoso en el borde sur de Sierra Nevada que en el sector de Laujar de Andarax supera los 150 metros de altura y, cuya longitud en conjunto, teniendo en cuenta la sinuosidad del mismo, es superior a los 100 km desde Lanjarón a Alboloduy.

El estado de conservación de los escarpes de la Falla de Laujar permite deducir que corresponde a

un rasgo tectónico relativamente reciente, dato que viene a reforzarse con las características de los depósitos que están afectados por la misma.

Gran parte de los depósitos de ladera afectados por la Falla de Laujar, tanto de la formación basal cementada, como de la suprayacente no cementada, están constituidos por cantos angulosos heterométricos, con cierto ordenamiento en niveles que presentan inclinaciones similares a la pendiente actual. Estas características permiten inferir que en su formación los procesos de gelifracción fueron importantes, como en otras zonas de las Béticas

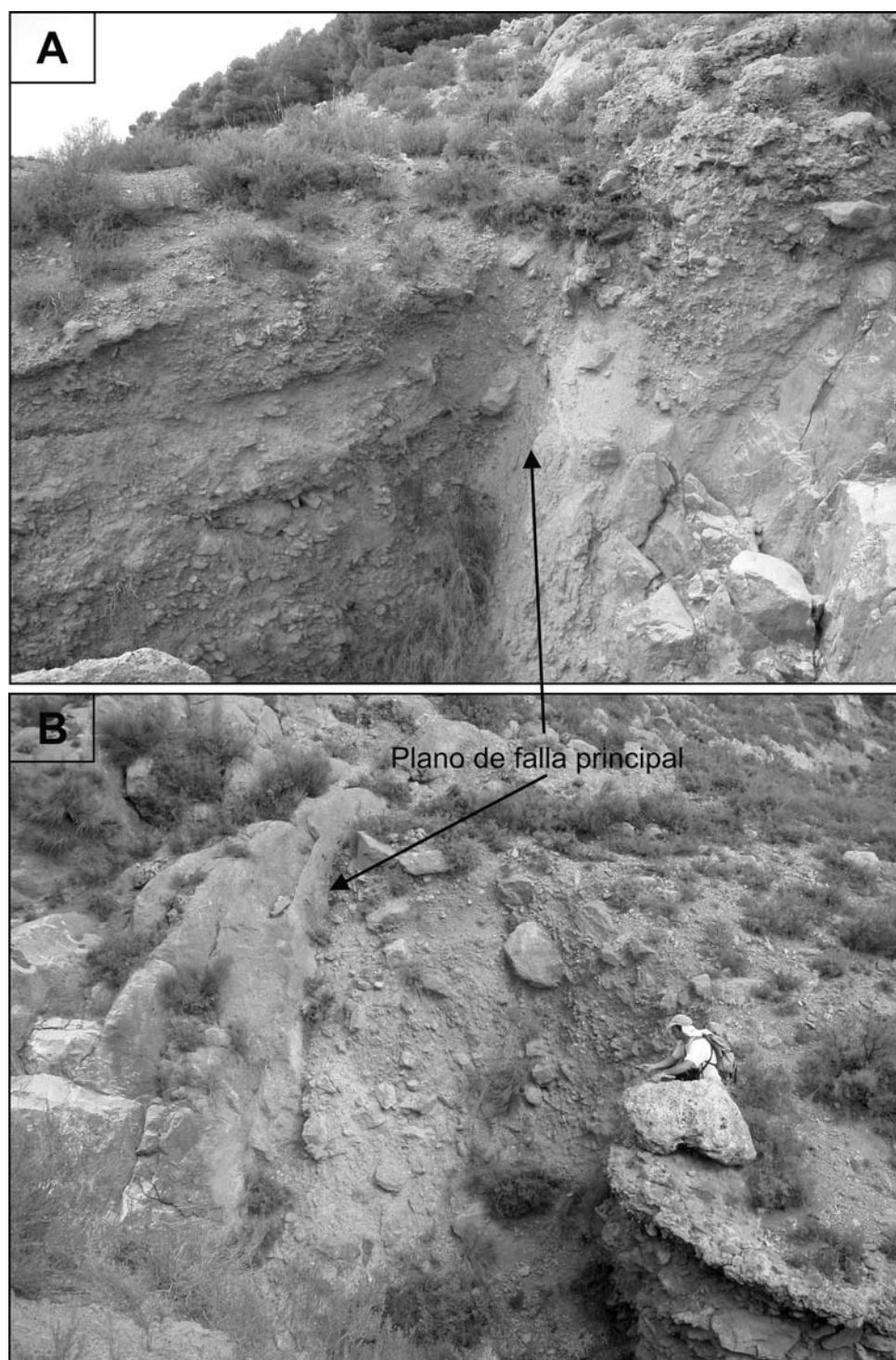


Figura 9. Plano principal de la falla afectando a los depósitos coluviales no cementados en uno de los lugares donde se puede medir parte del desplazamiento que han experimentado. La imagen A está tomada hacia el Oeste y la B hacia el Este.
Figure 9. Main fault plane affecting to not cemented colluvial deposits. In this place can be measured partially the displacement experimented by this deposit. The image A is taken towards the West and the B towards the East.

(Gutiérrez Elorza y Estévez, 1988; Durán, 1996; Torres Girón y Recio Espejo, 1997; Muñoz Jiménez y Tanarro García, 2002; etc.). Las asignaciones cronológicas realizadas por diferentes autores a “brechas” o depósitos de ladera de similares características a los que aparecen afectados por la zona de falla en este estudio, se encuentran comprendidas entre los 20.000 años (Wurm) y los 140.000 (Riss), con dataciones Th/U de 80.000 años para el cemento de algunos depósitos. A falta de dataciones que confirmen las edades para los materiales aquí estudiados, se asignan de manera tentativa (siendo conscientes del margen de error que podemos estar cometiendo) edades en torno a los 140.000 años para los depósitos coluviales cementados y de unos 20.000 años para los no cementados. De esta manera, considerando como salto los 60 metros que se obtienen a partir de los desplazamientos acumulados en los depósitos coluviales cementados y los 15 metros estimados como salto mínimo en los no cementados, obtenemos una velocidad de levantamiento para el borde sur de Sierra Nevada entre 0,43 mm/año y 0,75 mm/año. No obstante, si las asignaciones cronológicas resultaran correctas los cálculos habrían sido conservadores, ya que los valores de los saltos evaluados son posiblemente inferiores a los reales. Estos valores entrarían en el mismo rango que los propuestos por Keller et al. (1996), que calculan valores medios de levantamiento regional (no el ligado directamente a una determinada falla) en torno a 0,4 mm/año para los últimos 8 millones de años en el borde occidental y sur de Sierra Nevada, con valores de hasta 0,6 mm/año para el último millón de años. Valores también parecidos, en torno a 0,44 mm/año, pueden deducirse de Sanz de Galdeano y López Garrido (1999) para el sector occidental de Sierra Nevada, en su contacto con la cuenca de Granada.

Comparando los valores de levantamiento estimados para el frente montañoso del borde sur de Sierra Nevada con las tasas de elevación asignadas por Bull y McFadden (1977) y Rockwell et al. (1984) a diferentes frentes montañosos tras su análisis morfométrico, y por Silva et al. (2003) en sectores próximos al ahora estudiado, podríamos incluir el frente montañoso del borde sur de Sierra Nevada en la Clase 1 de actividad tectónica, es decir, activo.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos CGL200401636/BTE, CGL2004-03333/BTE y los grupos RNM 217 y RNM 325 de la Junta de Andalucía.

4. Referencias bibliográficas

- Andreo, B., Carrasco, F., Cuenca, J., Téllez, A. & Vadillo, I. (1999). El karst en los mármoles alpujarrides de las Sierras Blanca y Mijas. En: *El Karst en Andalucía* (J.J. Durán y J.J. López Martínez, eds.). Instituto Tecnológico Geomimero de España, Madrid, 103-115.
- Bull W. & McFadden L. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California. *Geomorphology in Arid regions*, D.O., Doehring, ed., Publications in Geomorphology, State University of New York at Binghamton, 115-139.
- Durán, J.J. (1996). *Los sistemas kársticos de la provincia de Málaga y su evolución: contribución al conocimiento paleoclimático del Cuaternario en el Mediterráneo Occidental*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España), 409 pp.
- Galindo Zaldívar, J., González Lodeiro, F. & Jabaloy, A. (1993). Stress and palaeostress in the Betic-Rif cordilleras (Miocene to the present). *Tectonophysics*, 227, 105-126.
- Galindo Zaldívar, J., Gil, A.J., Borque, M.J., González Lodeiro, F., Jabaloy, A., Marín Lechado, C., Ruano, P. & Sanz de Galdeano, C. (2003). Active faulting in the Internal Zones of the central Betic Cordilleras (SE, Spain). *Journal of Geodynamics*, 36, 239-250.
- García, A.F., Zhu, Z., Kud, T.L., Sanz de Galdeano, C., Chadwick O.A. & Chacón Montero, J. (2003). Tectonically driven landscape development within the eastern Alpujarran Corridor, Betic Cordillera, SE Spain (Almería). *Geomorphology*, 50, 83-110.
- Gómez Ortiz, A., Salvador Franch, F., Schulte, L. & García Navarro, A. (1998). Itinerarios geomorfológicos por Andalucía Oriental. *Publicacions de la Universitat de Barcelona*. 37-63.
- Gutiérrez Elorza, M. & Estévez, A. (1988). Depósitos periglaciares en la vertiente septentrional de la Sierra de Lújar. Implicaciones neotectónicas. *Mediterránea*, 7, 95-106.
- Keller, E.A., Sanz de Galdeano, C. & Chacón, J. (1996). Active Tectonics, Geomorphology and Paleoseismicity: some basic concepts. *VI Congreso Nacional y Conferencia internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. 22-25 de abril de 1996*. Granada. Vol. 2, 327-338.
- Lhénaff, F. (1977). *Recherches geomorphologiques sur les Cordillères Bétiques centro-occidentales (Espagne)*. Thèse, Université de Lille III, Lille (France), 713 pp.
- Martínez Díaz, J.J. (2000). Actividad neotectónica en el sureste de Almería y su incidencia en la morfotectónica de la zona (Cordilleras Béticas). *Rev. Soc. Geol. España*, 13, 417-429.

- Martínez Díaz, J.J. & Hernández Enrile, J.L. (2004). Neotectonics and morphotectonics of the southern Almería region (Betic Cordillera-Spain) kinematic implications. *J. Earth Sci. (Geol Rundsch)*, 93, 189–206.
- Martínez Martínez, J.M. (2006). Lateral interaction between metamorphic core complex and less-extended, tilt block domains: the Alpujarras strike-slip transfer fault zone (Betics, SE Spain). *Journal of Structural Geology*, 28, 602–620.
- Martínez Martínez, J.M., Booth Rea, G., Azañón, J.M. & Torcal, F. (2006). Active transfer fault zone linking a segmented extensional system (Betics, southern Spain): Insight into heterogeneous extension driven by edge delamination. *Tectonophysics*, 422, 159–173.
- Muñoz Jiménez, J. & Tanarro García, L.M. (2002). Derrubios estratificados en la vertiente Norte de la Sierra de los Filabres (Almería, España). *Periglaciario en Montaña y altas latitudes*. Dpto. de Geografía Valladolid. 145–162.
- Rodríguez Fernández, J., Sanz de Galdeano, C. & Serrano, F. (1990). Le couloir des Alpujarras. *Doc. et Trav. IGAL*, 12–13, 87–100.
- Rodríguez Vidal, J., Alvarez, G., Martín Aguirre, A. & Alcaraz, J.M. (1999). Morfogénesis y Fases de Karstificación cuaternarias en la Sierra del Endrinal (Grazalema, Cádiz). *Cuaternario y Geomorfología*, 13 (1-2), 7–17.
- Rockwell, T.K., Keller, E.A. & Johnson, D.L. (1984). Tectonic geomorphology of alluvial fans and mountain fronts near Ventura, California. En: *Tectonic Geomorphology* (M. Morisawa & T.J. Hack, eds.). Publ. in Geomorphology, State University of New York, Binghamton, 183–207.
- Silva P., Goy J., Zazo C. & Bardaji T. (2003). Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology* 50, 203–225.
- Sanz de Galdeano, C., Rodríguez Fernández, J. & López Garrido, A.C. (1985). A strike-slip fault corridor within the Alpujarra Mountains (Betic Cordilleras, Spain). *Geol. Rundschau*, 74, 642–655.
- Sanz de Galdeano, C., Rodríguez Fernández, J. & López Garrido, A.C. (1986). Tectosedimentary evolution of the Alpujarride corridor (Betic Cordilleras, Spain). *Giorn. Geol.*, 48, 85–90.
- Sanz de Galdeano, C. & López Garrido, A.C. (1999). Nature and impact of the Neotectonic deformation in the western Sierra Nevada (Spain). *Geomorphology*, 30/3, 259–272.
- Torres Girón, M.L. & Recio Espejo, J.M. (1997). Periglacial features of the Subbetic Mountains of southern Spain (Cordoba Province). *Journal of Quaternary Science*. 12 (4), 275–282.