

## Puntos y zonas susceptibles a movimientos de ladera por terremotos en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM). Información de base para Protección Civil.

### *Points and areas prone to earthquake-induced landslides in the CARM. Base information for Civil Protection.*

J. Mulas<sup>1</sup>, J.C. García-Davalillo<sup>2</sup>, M. Sanabria<sup>3</sup>, J. García-Mayordomo<sup>4</sup>, R. Aragón<sup>5</sup>, M. J. Rodríguez-Peces<sup>6</sup> y J. Delgado<sup>7</sup>.

- 1 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica. C/Alenza, 1 28003 Madrid. j.mulas@igme.es.
- 2 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica. Unidad de Valencia. C/ Cirilo Amorós, 42 Entreplanta 46004 Valencia. jc.garcia@igme.es.
- 3 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Sistemas de Información Geocientífica y Bases de Datos Institucionales. m.sanabria@igme.es.
- 4 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Área de Investigación en Peligrosidad y Riesgos Geológicos. Departamento de Investigación y Prospectiva Geocientífica. C/ La Calera, 1 28760 Tres Cantos Madrid. julian.garcia@igme.es
- 5 Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Unidad de Murcia. Avda. Miguel de Cervantes, 45 5º A Edificio Expo Murcia 30009 – Murcia r.aragon@igme.es
- 6 Universidad Complutense de Madrid. Dpto. de Geodinámica, Facultad CC. Geológicas Universidad Complutense de Madrid c/ José Antonio Novais, 2 - Madrid 28040, Spain martinjr@geo.ucm.es.
- 7 Universidad de Alicante. Dep. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Ap. de correos, 99 03080, Alicante jose.delgado@ua.es

**Resumen:** Se presenta un trabajo de aplicación para la definición de posibles escenarios de catástrofe sísmica, donde deben de incorporarse los movimientos de ladera, como información de base para la última revisión del Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia (SISMIMUR). Para ello se ha confeccionado un inventario adecuado y un mapa a escala 1:200.000 que contiene los puntos y zonas más susceptibles a este tipo de fenómenos inducidos por los terremotos en la CARM que pueden afectar a núcleos urbanos, infraestructuras lineales (carreteras y ferrocarriles), balsas mineras, cursos de agua y cuerpos de agua (embalses y lagos). En el análisis solo se han seleccionado los puntos definidos como desprendimientos s.l., tipología predominante en la zona de estudio y de mayores efectos de cara al escenario de la catástrofe sísmica posible. Aunque en la mayoría de las infraestructuras evaluadas están alejadas de movimientos de ladera inventariados, hay núcleos de población importantes como Lorca, Águilas o Caravaca de la Cruz, entre otras, así como algunos tramos del creciente entramado urbano del litoral murciano con zonas de susceptibilidad alta. El tramo más susceptible sería el situado en la carretera RM-520, entre Archena y Abarán.

**Palabras clave:** movimientos ladera terremotos CARM PC

**Abstract:** In this work, we present a methodology to define potential seismic scenarios including seismic-induced landslides as background information for the latest revision of the “Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia (SISMIMUR)”. We first made an adequate inventory and a map at 1:200,000 scale containing the points and areas more susceptible to this type of seismic-induced effects in the CARM which may affect urban areas, lifelines (roads and railways), tailing dams, waterways and bodies of water (reservoirs and lakes). For this analysis, only points defined as rockfalls s.l. have been selected, since they are the predominant type of landslide in the area and it is associated to the greatest effects regarding a potential seismic scenario. Although most of the infrastructures evaluated are far from the inventoried landslides, some areas with high susceptibility have been identified near major population centers, such as Lorca, Águilas, Caravaca de la Cruz, etc., and near of some growing urban fabric areas located along the Murcia province coast. According to this study, the most vulnerable section would be located in the RM-520 road between Archena and Abarán.

**Key words:** Earthquakes, seismic scenarios, seismic induced landslides, provisory maps, CARM

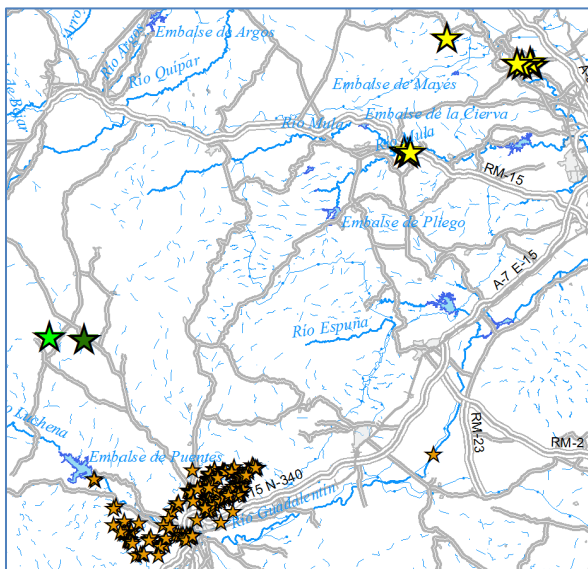
### INTRODUCCIÓN

La acción de terremotos como agentes desencadenantes de inestabilidades en una ladera es bien conocida. En la CARM se ha venido constatando

por observación y coincidencia cronológica con el evento sísmico, diversas zonas donde han tenido lugar inestabilidades durante los últimos terremotos actuales, desde Mula (1999) hasta Lorca (2011). Algunos autores como Mulas (1999), Delgado et al (2011 y 2013), Rodríguez-Peces et al (2009, 2010, 2011 y 2012) y Alfaro et al (2012a y 2012b) han señalado

estos hechos. Habiéndose realizado también algunas dataciones mediante técnicas liquenométricas (Pérez-López et al (2012), que vienen a demostrar que en los nichos de materiales desprendidos, hay material procedente de terremotos antiguos de 1674 y 1755 (zonas del Cejo de los enamorados y de la Rambla de los 17 Arcos. La información recopilada en los anteriores trabajos permite reconocer que los desprendimientos constituyen la tipología de inestabilidad más frecuentemente desencadenada por los terremotos.

Para una correcta gestión del riesgo sísmico, es importante caracterizar todos los aspectos involucrados en el escenario, desde la vulnerabilidad de las edificaciones a la severidad del movimiento del suelo, pero también . la ocurrencia de este tipo de fenómenos inducidos, cuyas implicaciones deberán establecerse, y que muy pocas veces se han tenido en cuenta.



- ★ **Desprendimientos terremoto de Mula 1999**  
Zona del meandro río Mula sobre margas. Carretera de referencia CM-15.  
Zona del cerro de la Muela de Puebla de Mula  
Zona de Puebla de Mula  
Zona de Ojós
- ★ **Desprendimientos terremoto de Bullas 2002**  
Zona del Castillico
- ★ **Desprendimientos del terremoto de La Paca y Zarcilla de Ramos 2005**  
Zona el Castillico  
Zona cerca de la población al sur de la Paca.
- ★ **Desprendimientos terremoto de Lorca 2011 y antiguos**  
Zona laderas del Castillo (Varios)  
Cejo de los enamorados. Con desprendimientos de los terremotos de 1674 y 1755  
Rambla de los 17 Arcos. Con desprendimientos de los terremotos de 1674 y 1755  
Sierra de la Tercia  
Sierra de la Estancias

FIGURA 1. *Movimientos constatados por terremotos recientes (1999, 2002, 2005, 2011 y antiguos).*(IGME 2014).

En la CARM, el IGME dispone de una amplia experiencia de más de 30 años trabajando en el estudio de los riesgos naturales, habiendo estudiado y cartografiado la fenomenología de los movimientos de ladera.

Desde el punto de vista de la inmediatez de su impacto por causas sísmicas, serían los desprendimientos, las avalanchas, los vuelcos y desplomes, las tipologías más claras de reconocer y asignar si los comparamos con otras como deslizamientos, flujos, coladas, etc.

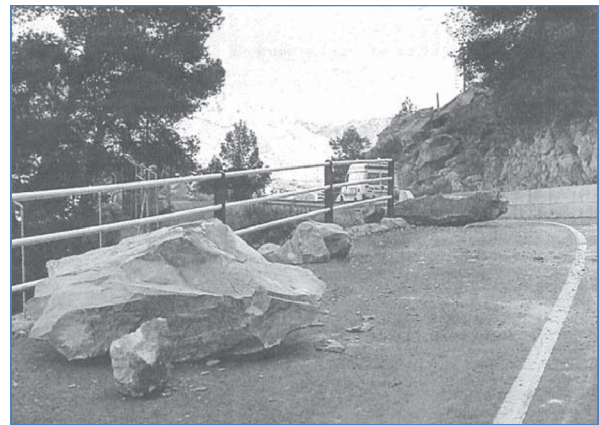


FIGURA 2. *Foto de los desprendimientos sobre la carretera RM-520 (km 6); producidos por el terremoto de Mula (5.2 M. 2/2/1999).* Periódico La Verdad.

### METODOLOGÍA

La preparación del inventario (686 puntos) se ha hecho a partir de la información recogida en los estudios y cartografía de susceptibilidad de movimientos de ladera en la CARM (1:25000) realizados por convenios entre el IGME y la COPOT (entre 2004 y 2012), de la información de los movimientos de ladera producidos por terremotos recientes 1999 (Mula), 2002 (Bullas), 2005 (Pedanías Lorca) y 2011(Lorca), y de algunos artículos de autores que han tratado este tema en la CARM de los que se ha extraído información relevante de este peligro geológico inducido por actividad sísmica. Toda esta información está plasmada en El Mapa de Puntos y Zonas Susceptibles a Movimientos de Ladera por Terremotos para Protección Civil en la CARM, Escala 1:200.000. (IGME 2014) (FIGURA 4).

El nivel de afectación como potencial daño a la población y bienes estructurales, se ha establecido según criterios de cercanía e importancia según su prioridad mayor (núcleos urbanos, infraestructuras lineales y balsas mineras) y prioridad menor (cursos de agua, cuerpos de agua: embalses y lagos).

Para tal fin, se ha realizado un análisis de proximidad entre la distribución espacial de los elementos expuestos al riesgo (Núcleos de población, Infraestructuras lineales, Cauces y Cuerpos de agua) y la distribución de las zonas afectadas por inestabilidades sismoinducidas mediante el software Arcgis 9.3. Solo se han seleccionado los puntos definidos como desprendimientos s.l., por ser los predominantes y de mayores efectos de cara al escenario de la catástrofe sísmica posible.

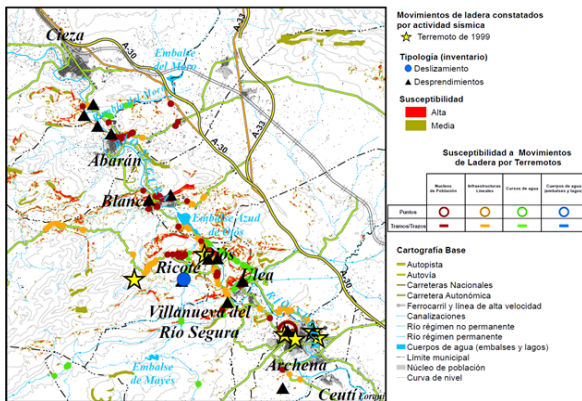


FIGURA 3. Zonas más susceptibles de problemas por movimientos de ladera en el escenario de catástrofe sísmica. Tramo Archena-Abarán. (IGME 2014).

**RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Del análisis espacial efectuado ha resultado una cartografía que permite identificar adecuadamente la localización de las posibles zonas donde haya elementos afectables (incluso a escala de más detalle de representación) en relación con los puntos y zonas más proclives a ser incorporados en la definición de posibles escenarios de catástrofe sísmica.

Los movimientos de ladera inventariados para este trabajo en la CARM están por lo general alejados de las infraestructuras evaluadas, a excepción de algunos como Lorca, Águilas, Caravaca de la Cruz, Blanca, Archena, Ojós, Ulea, Ricote, Alhama de Murcia, Pliego, además de algunos tramos del creciente entramado urbano del litoral murciano.

Como zona destacable en toda la CARM, la más susceptible por su contenido puntual y de tramos en el Mapa, es la que va desde Archena a Abarán, especialmente el tramo Ojós-Blanca (Carretera RM-520). En esta área se han inventariado casos históricos de movimientos y las zonas susceptibles son evidentes, lo que la hace propicia de cara a un estudio de detalle (FIGURA 3)

**AGRADECIMIENTOS**

Al IGME y a la COPOT/CARM, así como a D<sup>ña</sup> María Fernanda Arbaizar Barrios responsable de la

Subdirección General de Emergencias de la CARM por los apoyos para la realización de este trabajo.

**REFERENCIAS**

Alfaro, P., Azañón, J.M., Clavero, D., Delgado, J., Figueras, S., García-Mayordomo, J., García-Tortosa, F.J., Garrido, J., Hernández, L., Lenti, L., López, J.A., López-Casado, C. Macau, A. Martino, S., Mulas, J., Peláez, J.A., Rodríguez-Peces, M., Santamarta, J.C., Silva, P. (2012a). Movimientos de ladera inducidos por terremotos en España: Una revisión”. 7<sup>a</sup> Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica. San Sebastián 2012.

Alfaro, P., J. Delgado, F.J. García-Tortosa, L. Lenti, A. López, C. López-Casado and S. Martino (2012b). Widespread landslides induced by the Mw 5.1 Lorca, SE Spain, earthquake of 11 May 2011. *Engineering Geology*, 137-138, 40-52.

Delgado, J., J.A. Peláez, R. Tomas, F.J. García-Tortosa, P. Alfaro and C. López-Casado (2011a). Seismically-induced landslides in the Betic Cordillera (S Spain). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31, 1203–1211.

Delgado J.; Marques F. S.F.; Vaz T.; Alfaro P.; Azañón J. M.; Clavero D.; Figueras S.; García-Mayordomo J.; García-Tortosa F. J., Garrido J., Hernández L.;Lenti I.; López J.A.; López-Casado C.; Macau A.; Martino S.; Mulas J., Peláez J.A.;Rodríguez Peces M.J.; Santamarta J.C.; Sanz E; Silva P.; Zêzere J.L. (2013) “Movimientos de ladera inducidos por terremotos en la Península Ibérica” VIII SNTLI Palma de Mallorca.

IGME/COPOT. (2004). Estudio y cartografía de los peligros geológicos en la comarca del noroeste de la región de Murcia. Términos municipales de Moratalla, Caravaca de la Cruz, Cehegín, Bullas y Calasparra. (Inédito).

IGME/COPOT (2005). Estudio y cartografía de los peligros geológicos en la comarca del altiplano de la región de Murcia. Términos municipales de Yecla y Jumilla. (Inédito).

IGME/CIMA (2007a). Estudio y Cartografía de los Peligros Geológicos en las Comarcas del Alto y Bajo Guadalentín de la Región de Murcia. (Inédito).

IGME/CIMA (2007b). Estudio y cartografía de los peligros geológicos en las comarcas de Valle de Ricote, río Mula, oriental, Vega Alta y Vega Media de la Región de Murcia. (Inédito).

IGME/CIMA (2009). Estudio y cartografía de los peligros geológicos en los municipios de Murcia, Alcantarilla, Santomera y Beniel de la Región de Murcia. (Inédito).

IGME/COPOT (2012). Estudio y cartografía de los peligros geológicos la zona litoral de la Región de Murcia. (Inédito).

IGME (2014). Trabajos sobre Movimientos del terreno que pudieran ser desencadenados por actividad

sísmica en la CARM en relación a la Protección Civil. Memoria, 43 p. y Mapa (1:200.000). Información de base del Plan SISMIMUR . (Documento inédito restringido).

Mulas, J. (1999). Inventario de inestabilidades desencadenadas por el terremoto de Mula de febrero de 1999. IGME, Madrid. 2 Mapas. Inédito.

Pérez-López, R., Martín-González, F., Martínez-Díaz, J. J. y Rodríguez-Pascua, M. A. 2012. Datación mediante liquenometría de los desprendimientos rocosos asociados a la sismicidad histórica en Lorca (Murcia, SE de España). Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 473-485 ISSN: 0366-0176

Rodríguez-Peces, M.J., García-Mayordomo, J. and Azañón, J.M. (2009). Comparación del método de Newmark a escala regional, local y de emplazamiento: el caso del desprendimiento de la Paca (Murcia, SE España). Geogaceta, 46, 151-154.

Rodríguez-Peces, M.J., García-Mayordomo, J. and Azañón, J.M. (2009a). Comparing Newmark's method at regional, sub-regional and site scales: seismically induced La Paca rock-fall case (Murcia, SE Spain). 8IWSMRR Workshop Abstract and

Short Paper CD, 8th International Workshop on Seismic Microzoning and Risk Reduction, Aguadulce (Almería), 15-18th March 2009.

Rodríguez-Peces, M.J. (2010). Analysis of earthquake-triggered landslides in the South of Iberia: Testing the use of the Newmark's method at different scales. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.

Rodríguez-Peces, M.J., J. García-Mayordomo, J.M. Azañón and A. Jabaloy (2011a). Regional Hazard Assessment of Earthquake-Triggered Slope Instabilities Considering Site Effects and Seismic Scenarios in Lorca Basin (Spain). Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XVII, 2, 183-196.

Rodríguez-Peces, M. J., García-Mayordomo, J., Martínez-Díaz, J. J. y Tsige, M. 2012. Inestabilidades de ladera provocadas por el terremoto de Lorca de 2011 (Mw 5,1): comparación y revisión de estudios de peligrosidad de movimientos de ladera por efecto sísmico en Murcia. Boletín Geológico y Minero, 123 (4): 459-472--ISSN:0366-0176.

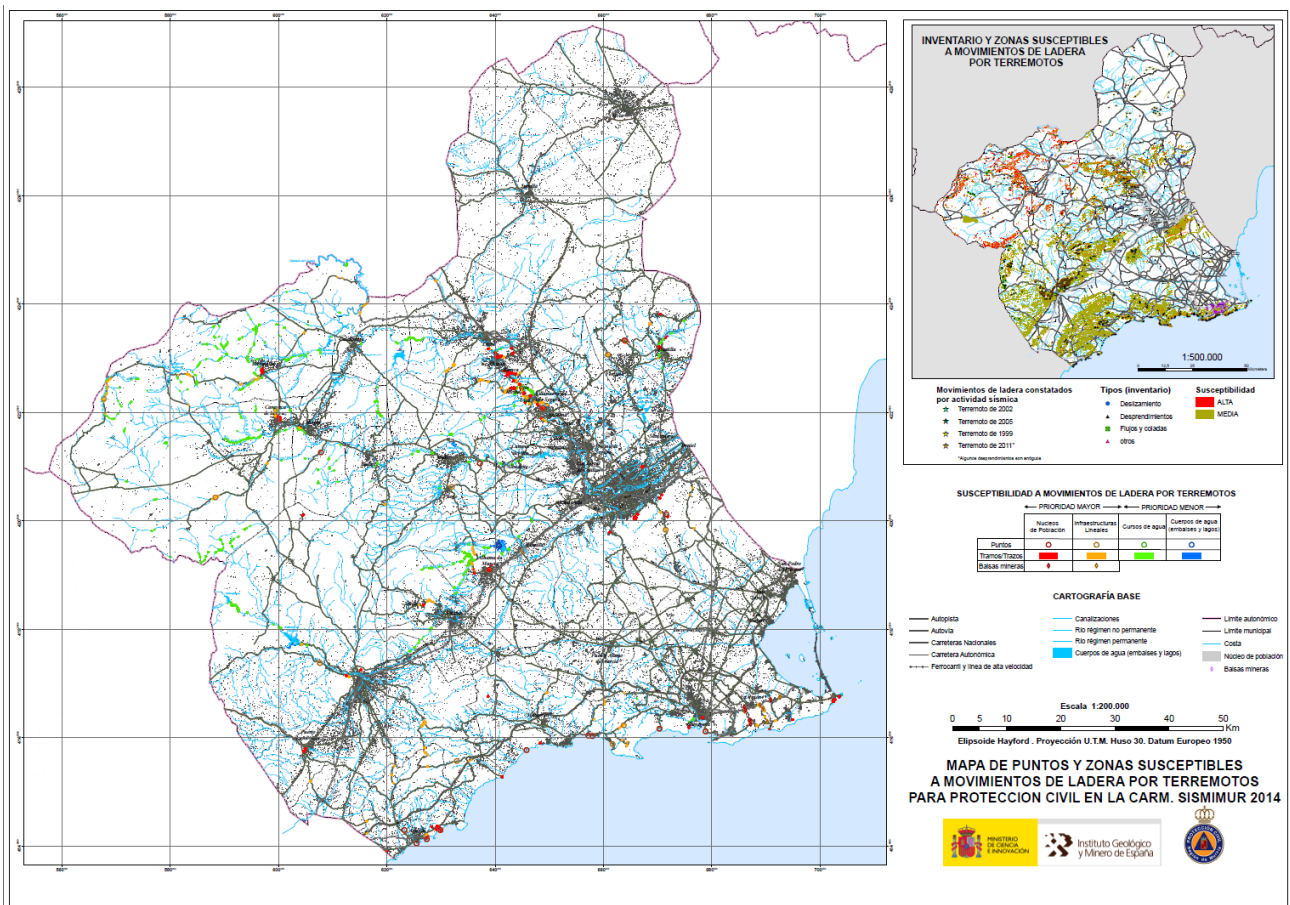


FIGURA 4. Mapa de Puntos y Zonas Susceptibles a Movimientos de Ladera por Terremotos para Protección Civil en la CARM (reducido). (IGME 2014).