EL DESLIZAMIENTO DE BINIARROI (MALLORCA) DE 1721

R.M. Mateos 1 y J. Giménez 2

¹ Instituto Geológico y Minero de España, Av. Ciudad Querétaro s/n, 07007 Palma de Mallorca. rm.mateos@igme.es ² Direcció General de Recursos Hídrics, Conselleria de Medi Ambient del Govern de Les Illes Balears, Gremi Sabaters 7, 07009 Palma de Mallorca. jgimenez@dgreghid.caib.es

Resumen: Entre los días 24 y 29 de marzo del año 1721 tuvo lugar en el Predio de Biniarroi, situado en el t.m de Mancor del Vall (Mallorca), un importante deslizamiento que afectó a unos 300.000 m² de tierras de labor, modificando totalmente la topografía original de la zona así como la red superficial de drenaje. Este deslizamiento y reactivaciones posteriores en los años 1816, 1857 y 1943 determinaron el abandono de este núcleo de población y de las tierras de cultivo. Gracias a la recuperación de documentos históricos que refieren los hechos ocurridos por testigos presenciales y al estudio y análisis del terreno, se ha podido reconstruir lo acontecido en el deslizamiento original, sus dimensiones y características, la tipología del movimiento y el mecanismo de rotura, así como los factores que desencadenaron dicho fenómeno.

Palabras clave: deslizamientos, laderas, Mallorca.

Abstract: Between 24 th March and 29 th March 1721, a great landslide took place in Biniarroi, a small village located in the municipality of Mancor del Vall (Majorca). The landslide affected more than 300.000 m² of agricultural land, completely modifying the original topography of the area, as well as the superficial drainage network. The occurrence of this landslide, and subsequent reactivations during the years 1816, 1857 and 1943, caused both the village of Biniarroi and the cultivated area to be abandoned. The recovery of historical documents about this event, including eyewitness accounts, and a detailed study of the area, have allowed us to reconstruct the original landslide, its magnitude and characteristics, the type of movement as well as the triggering factors of this natural phenomenon.

Keywords: landslides, Majorca, slope, Spain.

Mateos, R.M. y Giménez, J. (2007): El deslizamiento de Biniarroi (Mallorca) de 1721. Revista de la Sociedad Geológica de España, 20 (1-2): 3-16.

La isla de Mallorca, localizada en el Mediterráneo occidental, presenta diferentes dominios geomorfológicos, destacando la Sierra de Tramuntana en el sector noroccidental de la isla (Fig. 1). La abrupta topografía de esta sierra ligado a su complejidad geológica y a la existencia de un clima mediterráneo, con lluvias torrenciales concentradas en cortos períodos de tiempo, condiciona una intensa dinámica de laderas con la consecuente ocurrencia de movimientos de diversas tipologías (Mateos, 2001; Mateos y Azañón, 2005).

Como movimientos más relevantes cabe destacar el deslizamiento de Fornalutx que tuvo lugar el 17 de diciembre de 1924 (Darder, 1924; Mateos y Azañón, 2005), y que afectó a una superficie de olivar de 150.000 m² ocasionando importantes pérdidas económicas. En el año 1931, el pueblo de Estellencs tuvo que ser parcialmente desalojado por un deslizamiento que sepultó algunas viviendas de esta localidad (Grimalt, 1992). Durante el temporal de lluvias de los días 18 y 19 de octubre del año 1978, donde se registraron precipitaciones de hasta 500 mm en el sector central de la Sierra de Tramuntana, se produjo un deslizamiento en una de las vertientes de la colina donde se asienta el pueblo de Deyá; tres viviendas del pueblo quedaron destruidas y hubo que

desalojar diversas casas (Corominas, 1985). Las principales vías de comunicación de la Sierra, entre las que se incluye la vía del tren Palma- Sóller, han sido numerosas veces interceptadas por movimientos de laderas (años 1972, 1974, 1978, 1979, 1981, 1984, 1985, 1987, 1994, 1999. Mateos, 2001), generando serios problemas de circulación.

Desprendimientos rocosos son también fenómenos muy frecuentes en la Sierra de Tramuntana. Así, el 16 de marzo de 1857, un gran desprendimiento de rocas en la vertiente norte del Puig des Teix va a arrasar y sepultar gran parte del olivar de la Possesió des Teix (Llabrés, 1962). En septiembre de 1993 un desprendimiento rocoso, de unos 100 m³ de volumen, sepultó varias casetas para guardar barcas en la Cala de Banyalbufar (Ferrer et. al, 1997), determinando el cierre de esta pequeña playa hasta hace apenas dos años. Recientemente, en febrero del año 2005, un desprendimiento de rocas sepulta en Son Matge (Valldemossa) uno de los yacimientos arqueológicos más importantes de la Prehistoria mallorquina (Mateos y Azañón, 2005).

Pero el movimiento de ladera más relevante del Archipiélago Balear, tanto por sus dimensiones como por los daños y efectos que causó, es el deslizamiento de tierras en Biniarroi, en la primavera del año 1721, con posteriores reactivaciones locales en los años 1816, 1857 y 1943. Estos sucesivos movimientos determinaron el abandono total de este núcleo de población por la afección, no a las viviendas del pueblo, sino a las fértiles tierras de cultivo que constituían el único sustento de la población. Este abandono ha perdurado hasta hace escasos años (finales de los noventa), cuando se han comenzado a restaurar las casas de Biniarroi para segundas residencias.



Figura 1.- Mapa de la Isla de Mallorca con la localización de las principales poblaciones de la Sierra de Tramuntana que han sufrido movimientos de ladera relevantes. Ubicación de Biniarroi.

Objetivos y Metodología

En el presente trabajo se ha pretendido reconstruir lo ocurrido entre los días 24 y 29 de marzo de 1721 en el valle de Biniarroi, determinar cómo comenzó el deslizamiento, cómo fue su evolución, qué dimensiones tuvo, cuáles fueron sus efectos sobre la topografía inicial del valle, los daños causados. Se ha tratado de establecer la tipología del movimiento y el mecanismo de rotura, así como conocer cuáles fueron los desencadenantes del mismo. Se ha pretendido llevar a cabo un detallado análisis geológico, geomorfológico e hidrogeológico de la zona, así como identificar y caracterizar los materiales implicados en el deslizamiento. De igual forma se pretende reconstruir lo ocurrido en las reactivaciones posteriores del movimiento en los años 1816, 1857 y 1943, conocer su alcance así como los efectos y daños causados.

Para conseguir los objetivos anteriormente expuestos, se han establecido las siguientes etapas de trabajo:

▶ Recuperación y recopilación de todos aquellos documentos históricos que hagan referencia al deslizamiento de 1721 en Biniarroi, así como a las posteriores reactivaciones. Para ello se ha llevado a cabo una búsqueda documental en el Archivo del Reino de Mallorca, en el Archivo Parroquial de Selva, Archivo Municipal de Selva, así como consultas a los historiadores D. Gabriel Fiol Mateu y D. Andreu Muntaner Darder, que nos han facilitado una valiosa documentación histórica sobre el deslizamiento.

- ▶ Recopilación y análisis de información y cartografías previas. Se ha dispuesto de una topografía de la zona a escala 1.5000 de la Consellería de Medio Ambiente del Gobierno Balear. Se dispone de una cartografía geológica a escala 1:25.000 de Gelabert (1998), así como de la cartografía geológica a escala 1:50.000 de la Serie MAGNA del ITGE (1992). Se ha trabajado con fotografía aérea a color de la zona (año 1990) a escala 1:18.000. La información hidrogeológica ha sido facilitada por el Instituto Geológico y Minero de España, consultando el inventario de puntos de agua, así como el inventario de fuentes y manantiales. Finalmente, se ha trabajado con una cartografía 3D del Gobierno Balear del año 1995, que ha permitido elaborar un Modelo de Elevación Digital del terreno (MED) en la zona del deslizamiento.
- ▶ Elaboración de una cartografía geológica de la zona a escala 1: 10.000, tomando como punto de partida las cartografías previas anteriormente citadas.
- ▶ Caracterización geomorfológica del área deslizada. Para ello se han observado y/o cartografiado los siguientes elementos: formas de erosión, formas de deposición, grietas, formas de drenaje, vegetación, textura y tonalidad del terreno. Con todos estos elementos, se ha elaborado una cartografía geomorfológica del área de estudio a escala 1:10.000, confeccionando perfiles longitudinales y transversales al movimiento.
- ▶ Identificación y clasificación de los materiales implicados en el deslizamiento. Se han obtenido cuatro muestras en diversos puntos de la masa afectada y se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio: descripción visual, densidad, contenido en carbonatos, granulometría por tamizado y Límites de Atterberg.
- ▶ En base a las cartografías geológica y geomorfológica realizadas, a la información facilitada por los documentos históricos consultados y al Modelo de Elevación Digital de terreno, se ha podido establecer la tipología del movimiento, reconstruyendo la superficie y el volumen de terreno afectado por el deslizamiento de 1721.
- ▶ Por último se ha llevado a cabo un análisis de la secuencialidad del proceso, teniendo en cuenta las diferentes reactivaciones que se han producido del movimiento.

Localización del área de estudio

Biniarroi es un pequeño núcleo de población situado actualmente en el término municipal de Mancor del Vall, en la vertiente meridional de la Sierra de Tramuntana de

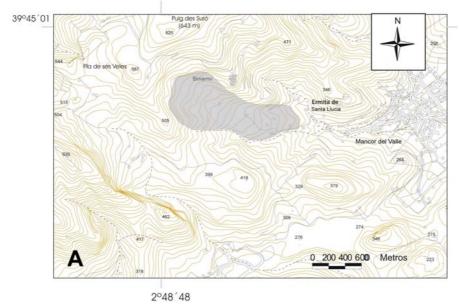




Figura 2.- Mapa topográfico del Valle de Biniarroi, donde se dibuja la superficie afectada por el deslizamiento (A) y fotografía de la zona realizada desde la Ermita de Santa Lucía, donde se identifica el lóbulo del deslizamiento (B).

la isla de Mallorca. Se ubica al pie del Puig des Suró (643 m), en un saliente rocoso situado en el borde oriental del valle de Biniarroi y a una altitud de 450 m (Fig. 2 A y B). Los historiadores consideran un origen árabe de este predio (Fiol Mateu, 2002), posiblemente de beni-ar-raj (los hijos del pastor). Ya en el año 1253 hay referencias documentadas de la Alquería musulmana de «Beniroy», así como del molino de harina de la finca conocida como s'Abrisat y que, veremos posteriormente, fue totalmente destruido por el deslizamiento de 1721 (Archivo del Reino de Mallorca).

A principios del Siglo XVIII, Biniarroi era un pequeño núcleo de población formado por 13 casas, adscrito a la Villa de Selva. Los habitantes de este caserío vivían del cultivo de las tierras del valle, donde predominaba el olivar y los pequeños huertos de hortalizas y legumbres (Fiol Mateu, 2002). El aislamiento y la economía de subsistencia de esta antigua Alquería determinaban unas duras condiciones de vida, que quedan reflejadas en la siguiente glosa popular de la época:

A Biniarroi, lloc mal, Jo no m'establiria, Perquè han de mester mig dia Per dur un dobler de sal (En Biniarroi, mal lugar yo no me establecería porque necesitas medio dia para ganar un doblón de sal)

Contexto geológico e hidrogeológico

Biniarroi y el valle del mismo nombre se localizan en las últimas estribaciones de la Sierra de Tramuntana, en su paso a los Llanos Centrales (Fig. 3), lo que da lugar a relieves más suaves y alomados que los que caracterizan la Tramuntana (Olmo et al., 1992). Los materiales predominantes en esta zona son de edad Oligoceno, que reposan discordantes sobre los materiales mesozoicos (jurásicos y cretácicos), que afloran tanto al NO como al SE de la zona de estudio. Los materiales oligocenos son conglomerados clast-supported con cantos redondeados, muy poligénicos, con una matriz arenosa que presenta una fuerte cementación por carbonatos (Fig. 5A). Los conglomerados presentan estratificación masiva, con desarrollo local de cuerpos lenticulares y bases erosivas, que representan facies de un ambiente fluvio-

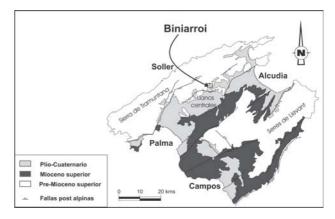


Figura 3.- Mapa geológico simplificado de la Isla de Mallorca, donde se ubica Biniarroi en el tránsito entre los dominios alpinos de la Sierra de Tramuntana y los rellenos postorogénicos que constituyen los Llanos Centrales (Gelabert, 1998).

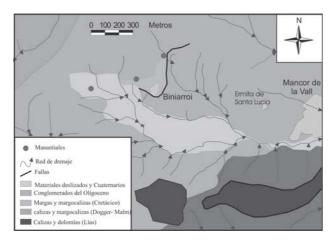


Figura 4.- Mapa geológico de Biniarroi. Se observa el predominio de los conglomerados oligocenos, tapizados en el valle por los sedimentos deslizados del Cuaternario. En el Predio de Biniarroi afloran los materiales cretácicos, elevados a esta posición por un retrocabalgamiento.

aluvial (Ramos Guerrero, 1988). Se encuentran muy replegados en la zona de estudio, disponiéndose de forma casi vertical en el tramo comprendido entre Biniarroi y la Ermita de Santa Lucía.

En la figura 4 se representa el mapa geológico realizado para esta zona, que se basa en el ya realizado por Gelabert (1998). En este mapa se observa el claro predominio de los materiales oligocenos, así como un retazo de materiales cretácicos con esquistosidad muy desarrollada, constituidos por margas blancas y margocalizas principalmente (Fig. 8), que afloran justo en el Predio de Biniarroi y que se interpreta como un pequeño retrocabalgamiento que elevó los sedimentos cretácicos (Gelabert, 1998). Todo el valle de Biniarroi, situado al SO del núcleo de población, está recubierto por los materiales deslizados, constituidos principalmente por limos y arcillas que envuelven bloques, de tamaños muy variables, de los conglomerados oligocenos que orlan el



Figura 6.- Materiales deslizados. Sedimentos finos que envuelven bloques y cantos procedentes de los conglomerados oligocenos.

valle. Estos sedimentos recientes, afectados por el deslizamiento de 1721 y posteriores reactivaciones, se encuentran completamente removidos, sin presentar estructura interna alguna, y dando lugar a morfologías lobuladas características de áreas deslizadas (Figs. 6 y 9). El espesor medio calculado de estos sedimentos se estima en 40 m.

El origen de estos sedimentos afectados por el deslizamiento no está nada claro, ya que es difícil explicar un volumen tan elevado de los mismos y que provengan de la denudación de los afloramientos rocosos de los conglomeraos oligocenos a ambos lados





Figura 5.- A) Conglomerados del Oligoceno que orlean el valle de Biniarroi. **B**) Afloramiento de margas blanquecinas al pié del valle de Biniarroi. Podría corresponder a sedimentos lacustres del Oligoceno, estratigráficamente situados bajo los conglomerados anteriormente citados. No se ha encontrado ningún tipo de fauna que lo confirme.



Figura 7.- Afloramiento de sedimentos coluviales en uno de los escarpes de coronación del deslizamiento.

del valle. Ramos Guerrero (1988) describe en otras zonas de la isla una unidad margosa «Miembro de Margas de Sineu», estratigráficamente situada bajo los conglomerados oligocenos, constituida principalmente por margas y lutitas blanquecinas de origen lacustre con escaso contenido paleontológico, limitándose a algunos oogonios de carófitas y gasterópodos lacustres.

Al pié del deslizamiento se ha identificado un pequeño afloramiento margoso que podría corresponder a estos materiales lacustres oligocenos (Fig. 5B), aunque no se ha podido identificar ningún tipo de fauna que lo confirme. Quizás estos materiales blandos afloraban en el valle original y su alteración



Figura 8.- Materiales margosos del Cretácico aflorando en el Predio de Biniarroi. Debido a su baja permeabilidad, actúan como elemento barrera frente al flujo subterráneo.

dio lugar a un depósito potente de sedimentos de naturaleza fina. Esta hipótesis deberá ser corroborada con datos de sondeos y un estudio paleontológico más detallado del afloramiento.

En los escarpes de coronación del deslizamiento quedan al descubierto afloramientos de sedimentos coluviales recientes (cuaternarios), constituidos por bloques angulosos con una abundante matriz heterométrica y con una estructura caótica (Fig. 7). Al pié del valle de Biniarroi se identifican también materiales cuaternarios no afectados por el deslizamiento, de características muy similares a los movilizados, pero con una cierta estructura interna.

	Cota absoluta del agua (m. s.n.m)	Caudal (m³/h)	Nº de días al año de surgencia
Manantial 1	435,00	0,3	360
Manantial 2	470,00	3, 2	365
Manantial 3	470,00	8	365

Tabla I.- Datos sobre los manantiales de Biniarroi. Inventario de fuentes y manantiales del IGME. Datos obtenidos en 1983

Muestra	Marga de color ocre- amarillento	Grava/ arena	Contenido en finos <200 %	CaCO ₃ % 25	Plasticidad		Clasificación (USCS)
M0					LL IP		
M1	Arcilla de color pardo chocolate, aspecto húmedo. Pequeños cantos redondeados intercalados	10/10	80	3,7	50	30,1	СН
M2	Limo arcilloso de color marrón oscuro, con pequeños cantos intercalados	16/8	76	18,2	43,1	21,4	ML-OL
M3	Limo de color pardo- rojizo, aspecto suelto. Presencia de cantos	19/34	47	31,22	20,4	6,4	ML

Tabla II.- Resultados de los ensayos de laboratorio de identificación y clasificación de suelos. Véase ubicación de las muestras en la figura 12.

Desde el punto de vista hidrogeológico, los conglomerados oligocenos constituyen un acuífero libre que drena hacia el SE. Los afloramientos de materiales cretácicos de Biniarroi (Fig. 8), muy poco permeables, juegan localmente un papel de barrera ante el flujo subterráneo. En la figura 4 se observa que los tres principales manantiales de la zona se disponen en el contacto geológico entre los materiales oligocenos y cretácicos. Los datos de caudales de estos manantiales (Inventario de

El análisis granulométrico pone de manifiesto un elevado porcentaje de finos (limos y arcilla) en el material, en torno al 80%, excepto en M3, donde la presencia de grava y arena es más elevada. Respecto a la plasticidad, tan solo una muestra (M1) presenta valores del Límite Líquido ≥ 50 , representándose en la zona de alta plasticidad de la carta de Casagrande. El porcentaje en carbonatos es elevado, concretamente en M0 y M3 (e» 25%), probablemente debido al carácter margoso de los materiales originales (Cretácico y





Figura 9.- Lóbulo del deslizamiento (A) y detalle del afloramiento donde se observa el predominio de materiales de naturaleza limosa (B). Obsérvese el fenómeno actual de *creeping* en la ladera, sobrepasando los materiales más superficiales los muros de piedra construidos.

fuentes y manantiales del IGME) se recogen en la tabla I, siendo todos ellos utilizados en la actualidad para el abastecimiento público de Mancor del Valle.

Caracterización de los materiales deslizados

Los materiales que constituyen la masa deslizada están formados principalmente por sedimentos de naturaleza fina, limos y arcillas principalmente, que envuelven grandes bloques y cantos procedentes de los conglomerados oligocenos que afloran a ambos lados del valle (Fig. 9 A y B)). A falta de datos de sondeos, es difícil determinar el espesor de estos sedimentos, que en algunos lóbulos del deslizamiento puede ser de hasta 40 m. El aspecto de estos materiales en campo es caótico, sin estructura interna, con unas coloraciones que varían del pardo-chocolate (mayor contenido en arcilla) a pardo amarillento (mayor contenido en limos y carbonatos).

Para llevar a cabo una identificación y caracterización de estos materiales se han tomado 4 muestras localizadas en diversos puntos del deslizamiento (ver ubicación en la figura 12). En la tabla II, se resumen los resultados obtenidos de los ensayos de identificación y clasificación de estos suelos, que se han realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid.

Oligoceno?). Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, los materiales deslizados se clasifican preferentemente como ML (Limos inorgánicos con ligera plasticidad), existiendo puntualmente arcillas inorgánicas de plasticidad elevada (CH) y limos orgánicos de baja plasticidad (OL).

El deslizamiento de 1721

Al amanecer del día 24 de marzo de 1721, los habitantes de Biniarroi comenzaron a detectar hundimientos anómalos del terreno y posteriormente surgencias de agua que aparecían y desparecían. Gracias a la colaboración del historiador D. Gabriel Fiol Mateu se ha podido recopilar el siguiente documento anónimo (probablemente de algún clérigo, por las continuas alusiones a Dios) que nos relata, como testigo presencial, lo ocurrido en el valle de Biniarroi entre los días 24 y 29 de marzo de 1721. La trascripción es literal:

«Relación del grande astrago o desmolimiento o temblor de tierra que ha havido en Biniarroy, que empezó a los veinte y cuatro dias del mes de marzo de 1721 y paró a los 29 del mesmo mes y año. No solamente es mi ánimo el desglosar el dicho estrago, sino también dar a entender a los que no lo han visto el modo y forma en que ha sucedido y la cantidad de tierra destruída,

aunque no será fácil por lo mucho que trabajó el Señor del Cielo y tierra en dicho lugar y tiempo. El dicho dia 24 al amanecer apareció bajo de un medrastro un oyo no muy grande que havia hecho la tierra, lo que no causó mucha novedad por razón de haver llovido tanto. El mesmo dia por la tarde trabajando muchos de los naturales de aquel lugar en dicha tierra llana, vieron que de la tierra, estando enjuta antes, salían unos arroyos de agua muy grandes y habiendo xorrado un instante, asía la tierra un agujero y desaparecía la misma agua, lo que vieron muchos en sus respectivas tierras causándoles grande admiración, y cerca de las quatro de la tarde del mesmo dia 24, empesó a desmoler allí a donde havia aseñalado a la mañana y conocían los avitantes que alli estaban presentes que se meneaba la tierra y que vieron caminar sembrados algunos árboles, y en particular me dixo un clérigo, que allí se halló presente, que vio por sus ojos caminar un medrastro o enzina, mas de veinte pasos, después la vió caher y quedó con las raysses arriba, de cuya vista quedaron muy atónitos y pasmados de ver caminar insensibles los árboles, en que se ve quan grande e imponderable el poder de Dios. Y el dia siguiente, dia de la Encarnación del Verbo Divino, toda aquella tierra cuesta arriba, que estaba ensima de la tierra buena, al amanecer se halló desrribada por abajo como un ovo que dexó a donde estava de més de cien palmos. El mesmo dia por la tarde yo ocularmente vi todo el lugar y paraje de que trato, ja estava destruída toda, todas las huertas, molino y muchos olivares, però no era el diezmo que es ahora, pues el mesmo dia por la noche, aquel olivar, todas las huertas, molino y tierra buena, se ayó més de 200 palmos, haziendo a partes promontorios y a partes oyos de grandíssima admiración cosa imponderable. Continuó este astrago hasta el dia arribo dicho de 29.

Se arbitra será lo desmolido de 40 quarteradas con poca diferencia. Ha quedado tan diferente de antes que los olivares y huertas de los Sirerols y de la viuda de Bernardino Matéu estavan dentro de un comallar muy ondo, pero ahora es un alto admirable. Las aguas en tiempo de invierno bajaban en el dicho lugar por la parte izquierda pero ahora bajan por la derexa y si fuerzas umanas huvieran de haver hecho salir dichas aguas por donde salen, con diez mil pesos no les huviera pagado el trabajo necesario, porque suben más de 150 palmos de lo que antes era baxo. Los dueños de dichas tierras han quedado tan desconsolados como se puede creer. Pero ahora están más conformes y dan gracias al Señor de no haverlos destruídas sus casas, aunque han quedado muy peligrosas, pues han quedado cosa de cien pasos lejos de lo destruido y el mirarlo de dichas casa causa un grandíssimo orror por ser el oyo tan grande y no será milagro que con un invierno tan lluvioso como el pasado, vajan por abaxo dichas casas. Y no es mi ánimo decir que tal estrago haya sido por causa de las lluvias porque desde que el mundo es criado algunos años abrá llovido tanto como el presente y nunca se ha desribado. Sólo lo atribuyo a secreto y justa causa de Dios, dándole las gratias de haverme dexado ver tan prodigioso milagro y suplicándole larga vida para alabar su poder infinito y nos dé su gratia en esta vida, y en la otra la gloria para poderle alabar eternamente. Amén.»

También, y gracias al historiador mallorquín D. Andreu Muntaner, hemos podido disponer de lo que consideramos el primer documento técnico (al menos en las islas Baleares) sobre un deslizamiento, que fue manuscrito por el Ingeniero D. Pedro de Montellano, y que relata, con el apoyo de un plano de la zona, y de la manera más descriptiva posible, lo acontecido durante el movimiento de tierras en Biniarroi en la primavera de 1721. A continuación se reproduce fielmente este documento y se redibuja (debido a su mal estado) el plano original (Fig. 10 A y B) que, sobre el deslizamiento, elaboró el Ingeniero Montellano días después del movimiento.

Declaración de este plano y de cómo pudo suceder (al parecer) el destrozo, desunión y desolación de este barranco

El Ingeniero D. Pedro de Montellano, 1721

«El día 24 de marzo de 1721 à las 4 de la tarde comenzó repentinamente a elevarse un generoso desurtidor, nº 9, de agua quantiosa, que formando una gran balsa, se sumergió en 15 minutos de tiempo. Y luego, más abajo en nº 10, volvió a salir otra balsa, y perdiéndose como la primera, no apareció más agua.

Pero al anochecer del mismo día, advirtieron los moradores de Biniarroy, que dónde apareció la primera balsa, se hundía el terreno, de forma que al amanecer del día siguiente de la Virgen â 25, pareció el hundimiento, de la capacidad de una quarterada ô quadrado de 54 canas de lado, abrimada cosa de 25 pasos ô canas, et habiéndoles sobrevenido después más tierra de la parte superior se moderó la hondura de este parage. Pero al hundirse estas tierras, se reconoció, que las vecinas inferiores se mobían y elevavan, percibiéndose el ruidoso estrépito interior de la tierra, y quiebra exterior ô desguajo visible de los árboles, à distancia de dos pasos, y que impelida la tierra al parecer del agua y aire subterráneos oprimidos, se rebentó con estrago, despidiendo despeñado a

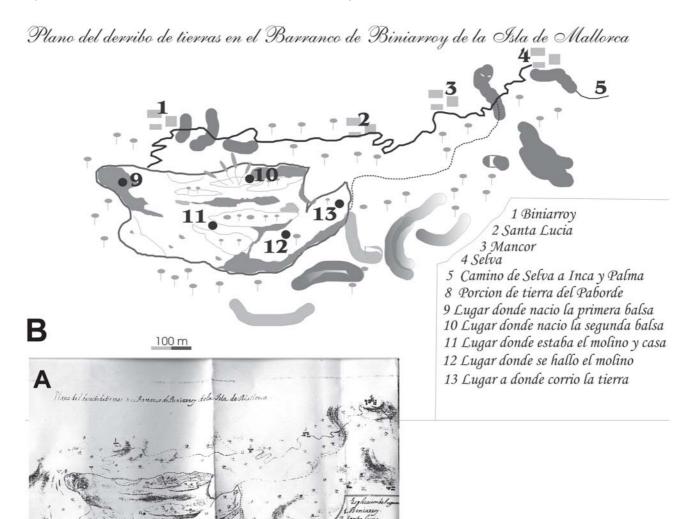


Figura 10.- Mapa original del deslizamiento de Biniarroi, elaborado por el Ingeniero D. Pedro Montellano en 1721, dias después del evento (**A**) y reconstrucción elaborada por los autores de este trabajo (**B**).

todo este terreno y arroxándolo en la capacidad et distancia de 825 passos ô canas de longitud que comprende este derribo, a la de 240 canas del lugar donde estaban, al de donde oy se hallan; así los sembrados y mieses de trigos, habas, pinos, olivos y otros frutales de diez huertos los más amenos de este Reyno, como también un molino de agua con su casa, que al cabo de correr la distancia expresada desde el nº 11 hasta el 12, se descubrió al tercer dia (en que paró este destrozo) desmoronado y deshecho. Los árboles y demás mieses sembrados se hallaron en estas distancias unos en pie, otros de lado, otros derribados y los demás (que no es lo menos), enterrados. Finalmente se hundió el terreno de este barranco, desde su principio Nº9, hasta su medianía, cosa de 40 pasos lo más. Y desde aquí, con su violento impulso corrió hasta el Nº 13, donde paró con 5 canas de altura sobre el

terreno firme que ocupó.

Se considera el daño de este derribo en más de 4 mil libras o pessos de renta al año: de gran gasto y tiempo, en componer dificultades y allanar la tierra para que fructifique: y lo mucho que contiene la brevedad de tasar con sus límites la porción de tierra â cada dueño etc.»

Nota: 1 passo o cana son 0,83 m; una cuarterada son 7.103 m^2 y un palmo 24 cm

Reactivaciones posteriores: años 1816, 1857 y 1943

Las consultas realizadas al Archivo Municipal de Selva, han permitido recuperar el siguiente documento escrito por el Párroco D. Bernardino Mateu, en el año 1914:

«En la tarde del 24 de marzo de 1721, salió del interior de la tierra una gran cantidad de agua, hasta el extremo de formar un lago de grandes proporciones; y momentos después la tierra se tragó completamente aquella gran cantidad de agua. Aquella misma tarde, y en el mismo sitio, pero en una parte más inferior, salió otra cantidad de agua, en tal abundancia, que amenazaba inundar gran porción de terreno; pero momentos después la tierra se tragó aquella gran cantidad de agua, como en el caso anterior. Al amanecer del dia siguiente se vió que la tierra estaba en movimiento, que se deslizaba por la montaña y a veces se amontonaba como el agua hirviendo, y que en este temible movimiento los árboles se arrancaban, las peñas se movían de sus asientos y los bancales se derrumbaban estrepitosamente. Todavía se ven en el sitio indicado señales inequívocas de aquel horrible fenómeno.

No fue este el único terremoto que ha sufrido el territorio de Mancor. Así es que en el año 1816, poco más o menos, se vió que en el mismo sitio de Biniarroi que hemos indicado, la tierra se deslizaba por la montaña, como materia blanda sobre un plano inclinado, y que, en consecuencia los árboles se movían como si estuvieran colocados sobre una corriente de agua: para impetrar del cielo que cesara aquella plaga terrible el Vicario de Mancor, Dr. D. Bartolomé Galla, llevó a Biniarroy la reliquia del Lignum vía, y finalmente el año 1857 se notaron otros fenómenos parecidos en el predio de Sa Fontgarrove en el Coll d'en Roselló, en Son Sero, y en las inmediaciones del tejar de Can Carambis.

Estos fenómenos de 1857 tienen aplicación por cierto muy natural. En el lugar de los terremotos indicados existen capas de tierra de grandísimo espesor y en extensión considerable, había llovido unos 8 días continuos, sin cesar ni de dia ni de noche, y como el agua penetró naturalmente a grandes profundidades y reblandeció aquella gran masa de tierra, ésta corrió naturalmente hacia la parte más baja. Los fenómenos de 1721 y 1816 quizás reconocen la misma causa; pero no por ser fenómenos naturales dejan de ser fenómenos de gran manera temibles, ni deja de ser muy natural acudir en tales casos al auxilio de Dios, siendo Dios el dueño absoluto de las causas naturales y sobrenaturales».

Cabe destacar la existencia de referencias sobre la ocurrencia de otros movimientos de ladera en la Sierra de Tramuntana en la primavera de 1857 (Grimalt 1992; Llabrés 1962), que probablemente correspondan al mismo evento de lluvias que generó la reactivación del deslizamiento de Biniarroi. Así, la Possesió des Teix (término municipal de Valldemossa) se vió afectada por un gran desprendimiento de rocas procedente de la vertiente septentrional del Puig des Teix, que arrasó y sepultó el olivar d'En Xorc, considerado el mejor y más rico de la isla (Llabrés, 1962), también se produjeron pequeños deslizamientos de tierras en el Valle y Coll de Sóller (Grimalt, 1992), que cortaron numerosos

caminos de la época.

Mediante comunicación oral, el historiador D. Gabriel Fiol Mateu, nos pone de manifiesto, que durante la preparación de su obra « Notícies históricas del Siglo XIX y XX, de Mancor, Massanella, Biniarroi y Biniatzent», aún sin publicar, ha encontrado referencias a otro movimiento de laderas de menores dimensiones en el valle de Biniarroi, en noviembre del año 1943, que afectó a unos 30.000 m² de terreno, justo al pié del escarpe donde se ubica el pueblo de Biniarroi y donde hoy se observan zonas anómalamente hundidas. Según los datos recopilados por el citado autor, este movimiento también estuvo relacionado con la ocurrencia de varios días de lluvias continuadas.

Factor desencadenante

A la vista de las descripciones de los diferentes autores de los documentos anteriormente transcritos, parece indudable que el factor desencadenante, en todos los eventos, ha sido la abundancia de lluvias.

En relación al deslizamiento de 1721 el autor anónimo hace referencia a un invierno muy lluvioso, hecho que se ha podido constatar gracias al noticiario del Párroco de Selva D. Llorenç Coch de Son Simó (Fiol Mateu, 2002) donde relató todas las circunstancias meteorológicas a destacar: lluvias, nieve, viento etc., desde el 15 de febrero de 1710 hasta el 24 de marzo de 1735. En relación a los días anteriores al deslizamiento, el Párroco destaca que hubo fuertes nevadas en las cumbres « Ala 18 Mars de 1721 feu neu molt bona que bestá per umplir totas les casas de neu de Mallorca» y deja constancia que, el invierno de 1721, fue un año muy lluvioso, frío y con nieves generalizadas.

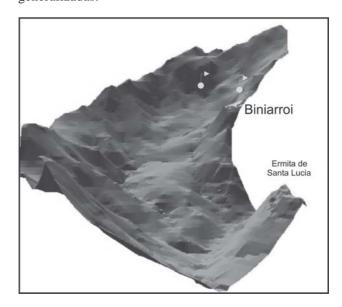


Figura 11.- Modelo digital del terreno del valle de Biniarroi. Se observa una zona superior cóncava, que corresponde al escarpe de cabecera del deslizamiento y donde aparecen las surgencias de agua y una zona inferior, con relieves positivos donde destacan las formas abombadas y lobuladas.

Los eventos del Siglo XIX, en los años 1816 y 1857, también parecen estar relacionados con la sucesión de varios días de lluvias intensas y continuadas. Así, en relación a la reactivación de 1857, el Párroco D. Bernardino Mateu escribe «había llovido unos 8 días continuos, sin cesar ni de dia ni de noche».

Respecto al movimiento del mes de noviembre de 1943 se han encontrado referencias a la ocurrencia de inundaciones en el área de Manacor, así como un listado de los «damnificados de los temporales pasados» (Grimalt, 1992), lo que pone de manifiesto la ocurrencia de un fuerte temporal de lluvias los primeros días de noviembre del año 1943.

En este punto debemos resaltar que el deslizamiento de Biniarroi de 1721 está inscrito como un terremoto de intensidad VII en el Catálogo de Sismos del Instituto Geográfico Nacional (Mezcúa y Martínez Solares, 1983). Este error puede deberse al escrito de 1914 del Párroco Bernardino Mateu, donde, en dos ocasiones, hace referencia a la palabra «terremoto» como causa del deslizamiento.

Análisis geomorfológico

La cartografía 3D del Govern Balear del año 1995 ha permitido elaborar el Modelo de Elevación Digital del Terreno de la zona de estudio con una definición de 5 x 5 m por píxel (Fig. 11). Se observa con gran claridad el área deslizada, con una zona superior cóncava, donde se observa el escarpe de cabecera y una zona inferior

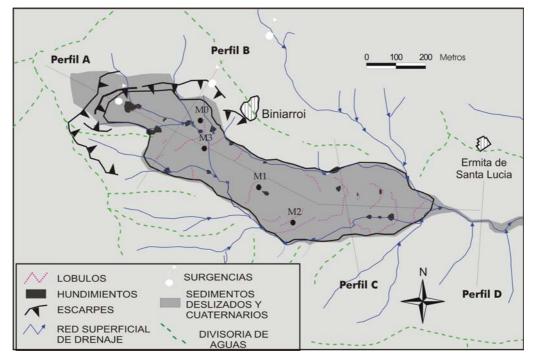


Figura 12.- Mapa geomorfológico del valle de Biniarroi, donde se representan los elementos más relevantes del deslizamiento, la red superficial de drenaje y se delimita la masa de terreno movilizada tras los diferentes eventos. Se ubican los puntos de toma de muestras (M_x) , para el posterior análisis geotécnico de los materiales, así como los perfiles elaborados longitudinales y transversales al deslizamiento.



Figura 13.- Zonas con hundimientos al pie del escarpe de cabecera del deslizamiento (A) y sumidero de agua (B). Se observa la presencia de vegetación freatófila (juncos).

con relieves positivos, destacando las formas abombadas y lobuladas. La pendiente media de la ladera se estima en unos 21°, la superficie deslizada en unos 300.000 m², y la longitud máxima en 1,5 km.

- Formas de deposición: formas abombadas, lóbulos.
- ▶ Drenaje de la zona: encharcamientos, humedades, surgencias, manantiales, sumideros,



Figura 14.- Torrente del margen derecho del deslizamiento, instaurado después del evento de 1721. Obsérvese la escasa incisión del mismo, lo que denota la juventud de su trazado.



Figura 15.- Lóbulo final del deslizamiento, donde predomina el cultivo de un olivar joven.

Tomando como base la topografía 1:10.000 del Govern Balear, con el apoyo de la fotografía aérea a color de la zona a escala 1:18.000 y las observaciones de campo realizadas en la zona de estudio, se ha llevado a cabo un análisis geomorfológico, donde se han tenido en cuenta los siguientes elementos:

▶ Formas de erosión: cicatrices y escarpes, depresiones en el terreno por desplazamiento del material, concavidades y hendiduras. organización de la red superficial de drenaje.

- ▶ Vegetación: inclinación de los árboles, anomalías en el crecimiento, presencia de poblaciones vegetales de crecimiento rápido, presencia de vegetación específica de zonas encharcadas, edad de los árboles y su distribución.
- ▶ Otros: grietas, cambios de pendiente, cambios en la tonalidad del terreno, organización de la masa deslizada.

El resultado de este análisis geomorfológico es la cartografía que se muestra en la figura 12, donde se representan las formas de erosión (escarpes principalmente) y de deposición (lóbulos), la red superficial de drenaje, las surgencias y áreas encharcadas, así como las zonas con hundimientos.

En la zona de cabecera destacan sucesivos escarpes escalonados, en conjunto con forma de media luna, con áreas hundidas al pie (Fig. 13A) y permanentemente encharcadas, donde se observan grandes grietas paralelas a los escarpes de coronación y sumideros de agua (Fig. 13B). Ladera abajo se observa una gran forma elongada, con numerosos lóbulos, lo que da lugar a una topografía muy irregular, y que, en conjunto, determinan un volumen positivo sobre la topografía original del terreno (Fig. 15).

La red superficial de drenaje actual se ha adaptado a la morfología lobulada del deslizamiento. Así el torrente principal capta las aguas de los manantiales que surgen en el escarpe de cabecera y se dirige hacia la zona permanentemente encharcada y hundida situada al pie del mismo, para después circular por el margen derecho del valle siguiendo el límite de la masa deslizada. La incisión de este torrente es aún poco patente, lo que denota la juventud de su trazado (Fig. 14).

Respecto a las observaciones realizadas sobre la vegetación destacan las zonas de cañizal en las áreas encharcadas y hundidas cercanas a la cabecera del deslizamiento (Fig. 13 A y B), y el predominio, en toda el área deslizada, de un olivar disperso y relativamente joven (menos de 50 años), que puede observarse en la figura 15.

Tipo de movimiento y mecanismo de rotura

Las clasificaciones de movimientos de ladera más aceptadas en la actualidad se basan en las características cinemáticas de éstos - cómo el movimiento se distribuye a través de la masa desplazada (Cruden y Varnes, 1996). Para ello es necesario disponer de detalladas observaciones geomorfológicas, geométricas y del análisis de los desplazamientos en superficie y profundidad. Otros aspectos importantes, que nos permitirán acertar con el tipo de movimiento, contemplan la naturaleza del terreno, la velocidad del movimiento y las características de la trayectoria (Corominas, 1989).

En el caso de los movimientos de ladera acaecidos en Biniarroi, se parte de un material cohesivo, que contiene el 80% o más de partículas de diámetro menor a 2 mm, siendo la fracción limo y arcilla mayoritaria, es decir, el material movilizado se considera *barro*. Este material, de unos 40 m de potencia media, se dispone de forma discordante sobre un sustrato constituido por margas blancas del Cretácico (en la cabecera) y por conglomerados altamente cementados del Oligoceno (en el resto del valle). La pendiente media

de la ladera es de 21°, con una longitud de 1,5 km.

Según las descripciones testimoniales del deslizamiento de 1721, el movimiento puede ser clasificado como rápido (Cruden y Varnes, 1996) (6 días de duración para un desplazamiento de 825 m, según indica Pedro Montellano en 1721) con una clara percepción del movimiento de tierras por parte de los testigos.

Según los mismos textos recopilados y transcritos, el inicio se produjo con la aparición de una serie de hundimientos y surgencias de agua en la cabecera del valle para, horas más tarde, dar lugar a un movimiento heterogéneo y discontinuo del material. Este movimiento trasladó y derrumbó la vegetación arbórea existente, así como el Molino de s'Abrisat, que fue desplazado unos 166 m de su posición original (Fig. 10 A y B). Los diferentes lóbulos de avance modificaron totalmente la topografía original del valle, creando altos donde anteriormente había depresiones y viceversa, con variaciones de hasta 5 m de altura. La red superficial de drenaje se alteró de tal forma que «Las aguas en tiempo de invierno bajaban en el dicho lugar por la parte izquierda pero ahora bajan por la derexa». Finalmente, se terminó de hundir la cabecera, creando una depresión de unos 7.300 m² con escarpes de unos 34 m de altura y quedando el pueblo de Biniarroi «colgado» a unos 83 m del escarpe más oriental. La forma del escarpe de cabecera es semicircular y la superficie total afectada por el movimiento se estima en unos 300.000 m².

Todos los datos parecen indicar que se trata de un movimiento complejo, donde inicialmente se produce una rotura a través de un plano de deslizamiento, con una cierta componente rotacional y posteriormente, el material cohesivo comienza a fluir. Según la nomenclatura de Cruden y Varnes (1996), el movimiento correspondería al tipo «complex earth slide-earth flow». El flujo o colada de tierra-barro, posterior a la rotura, se produce por una deformación lenta, adoptando una forma elongada, con múltiples lóbulos en el pie, formando un volumen positivo sobre la superficie original del terreno y modificando totalmente la topografía original del valle, tanto fue así, que los lugareños no supieron reconocer sus tierras después del movimiento.

En la figura 16 se ha representado un corte longitudinal y varios transversales al deslizamiento (cuya ubicación puede verse en el mapa de la figura 12), que nos permiten explicar los factores que condicionaron la ocurrencia del movimiento, así como el tipo y mecanismo de rotura que tuvo lugar. A nuestro criterio, a falta de datos de sondeos, el deslizamiento complejo de 1721 afectó a un espesor medio de sedimentos finos de 25 m, ya que hacia el ESE del deslizamiento afloran estos materiales intactos. El escarpe de cabecera se genera justo

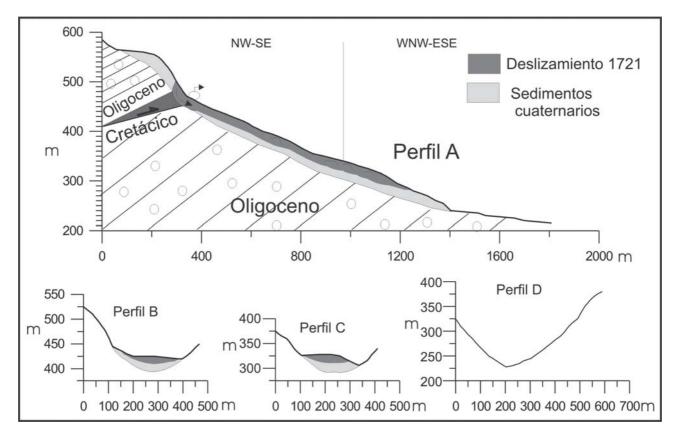


Figura 16.- Perfiles longitudinales y transversales al deslizamiento (véase ubicación en la figura 12). En el perfil longitudinal se observa el movimiento de tipo rotacional en cabecera que pudo originar el deslizamiento, y que coincide en el espacio con el contacto mecánico que eleva las margas cretácicas. Ladera abajo se reconoce el flujo posterior que movilizó la gran masa de sedimentos finos, generando formas abombadas y lobuladas al pie de la misma. Los perfiles transversales muestran el espesor de sedimentos movilizados en diferentes secciones de la ladera, encontrándose materiales recientes (Cuaternarios) intactos en el sector más oriental del valle.

donde, en profundidad, aparece el contacto mecánico que eleva los materiales cretácicos. Este hecho pone de manifiesto el importante papel que jugó el agua subterránea en el proceso de rotura. Así, el flujo subterráneo procedente de los materiales oligocenos situados al NO de Biniarroi, anómalamente elevado por las abundantes lluvias acaecidas días antes, se encuentra con la barrera impermeable que constituyen los materiales cretácicos y el agua comienza a salir por la superficie del terreno, formando copiosas surgencias que contribuyen a una rápida saturación de los sedimentos finos. El material de cabecera se hunde e inclina contra la ladera (deslizamiento rotacional), generando depresiones donde se acumula el agua, que aparecen y desaparecen a lo largo de la tarde del 24 de marzo. El pié de la ladera evoluciona como un flujo de barro, debido a la saturación de los materiales, al empuje de la cabecera y al aumento de las presiones intersticiales, que reducen enormemente la resistencia al corte del material. La colada se desplaza así grandes distancias de forma discontinua, a través de una o varias superficies de cizalla, lo que podría ser considerado como un deslizamiento planar.

Según los datos obtenidos, el deslizamiento de 1721 pudo movilizar un volumen de terreno de 7,5 x

10⁶ m³. Las reactivaciones posteriores de los años 1816, 1857 y 1943 no tuvieron tal envergadura, limitándose a removilizar determinados sectores del deslizamiento original.

Secuencialidad del fenómeno

A falta de conocer datos cuantitativos sobre las lluvias acaecidas durante los diferentes eventos del deslizamiento, sólo podemos afirmar que éstos tienen lugar durante episodios lluviosos anómalos, por su abundancia y duración. Los movimientos de 1721, 1816, 1857 y 1943 parecen poner de manifiesto que, desde el siglo XVIII, tiene lugar una reactivación cada siglo, aunque en el siglo XIX hubo dos eventos, pareciendo ser de mayor relevancia el de 1857.

En la actualidad, se han construido algunas viviendas residenciales en los lóbulos del pie del deslizamiento y zonas limítrofes (Figs. 2 y 15), demostrando la ya consabida ausencia del conocimiento de los riesgos geológicos en los planes urbanísticos.

Conclusiones

Entre los días 24 y 29 de marzo de 1721 tuvo lugar en el valle de Biniarroi un deslizamiento complejo de tierras con flujo de barro asociado al pié, que modificó totalmente la topografía original del valle, así como la red de drenaje superficial, determinando el abandono del pueblo y las tierras de labor. El deslizamiento, con una forma elongada y lobulada en el pié, tuvo unas dimensiones de 300.000 m² y movilizó un volumen de material de 7,5 x 10⁶ m³. La abundancia de lluvia y nieve durante el invierno de 1721 desencadenó este fenómeno, generando unas condiciones hídricas muy poco favorables para la estabilidad de la ladera.

En los años 1816, 1857 y 1943 se han producido reactivaciones locales del deslizamiento, de menores dimensiones que el original. Las causas obedecen igualmente a la ocurrencia de lluvias abundantes y continuadas.

Agradecimientos

Nuestro enorme agradecimiento a los historiadores D. Gabriel Fiol Mateu y D. Andreu Muntaner Darder, que nos abrieron su casa y su biblioteca y, sin cuya ayuda, hubiera sido imposible la recuperación de los documentos históricos testimoniales del deslizamiento. A la Dra. Meaza Tsige, del Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid, por su valiosa colaboración en la caracterización geotécnica de los materiales del deslizamiento. Especialmente, queremos agradecer los valiosos comentarios, anotaciones y sugerencias que han realizado los revisores anónimos de este trabajo que, sin duda, han contribuido enormemente a la mejora del manuscrito.

Referencias

- Corominas, J. (1985): Els riscos geològics. En: *Recursos Geològics i sòls* (D. Serrat, Coor.). Història Natural del Països Catalans, Volumen 3, 225-270. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona
- Corominas, J. (1989): Clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera. Monografía Sociedad Española de Geomorflogía, 3: 1-30. Zaragoza.
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. (1996): Landslides Types and Processes. En: *Landslides: investigation and mitigation* (A.K. Turner y W. Schuster, Eds.). Transportation Research Board, National Research Council. Special Report 247: 36-71. Washintong, D.C.
- Darder, B. (1924): Desprendimiento de tierras en Fornalutx. *Majorica, Vida, Arte*, 13: 3-6.
- Ferrer, M., López, J.M., Mateos, R.M., Morales, R., Rodríguez Perea, A. (1997): Análisis de los desprendimientos rocosos que afectan a la Cala de Banyalbufar (Mallorca). *Boletín Geológico y Minero*, 108-2: 147-158.
- Fiol Mateu, G. (2000): *Notícies històriques 1230-1600: Mancor, Massanella, Biniarroi, Biniatzen.* Ajuntament de Mancor del Vall, 419 p.
- Fiol Mateu, G. (2002): *Notícies històriques 1601-1800: Mancor, Massanella, Biniarroi, Biniatzen.* Ajuntament de Mancor del Vall, 349 p.
- Gelabert, B. (1998): La Estructura Geológica de la Mitad Oc-

- cidental de la Isla de Mallorca. Colección Memorias del I.T.G.E, 129 p.
- Grimalt, M. (1992): Geografia del Risc a Mallorca. Les inundacions. Institut d'Estudis Baleàrics. Coselleria de Cultura, Educació i Esports del Govern Balear. 359 p.
- Llabrés Bernal, J. (1962): Noticias y relaciones históricas de Mallorca III (1841-1869). Societat Arqueológica Lul.liana. Escuela Tipográfica Provincial. Palma. 1045 p.
- Mateos, R.M. (2001): Los movimientos de ladera en la Serra de Tramuntana (Mallorca). Caracterización geomecánica y análisis de la peligrosidad. Tesis doctoral. Univ. Complutense de Madrid, 299 p.
- Mateos, R.M. y Azañón, J.M. (2005). Los movimientos de ladera en la Sierra de Tramuntana de la Isla de Mallorca: tipos, características y factores condicionantes. Revista de la Sociedad Geológica de España, 18 (1-2): 89-99.
- Mezcúa, J. y Martínez Solares, J.M. (1983): Sismicidad del área Ibero-Magrebí. Presidencia del Gobierno. Instituto Geográfico Nacional. Publicación 203, 299.
- Olmo, P., Alvaro, M. y Batlle, A. (1992): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 671 (Inca)*. IGME, Madrid.
- Ramos Guerrero, E. (1988): *El Paleógeno de las Baleares*. *Estratigrafía y sedimentología*. Tesis doctoral. Univ. de les Illes Balears-Univ. de Barcelona, 219 p.

Manuscrito recibido el 2 de octubre de 2006 Aceptado el manuscrito revisado el 30 de enero de 2007