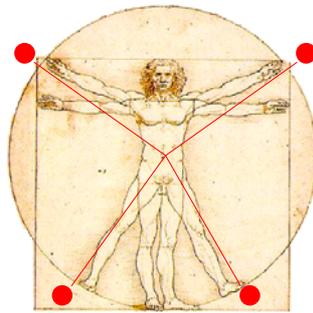


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

VOLUMEN III. AÑO 2005

SEPARATA



EL PAPEL DE LOS PROCESOS GRAVITACIONALES EN LOS RELIEVES  
GRANÍTICOS: EL DERRUMBE DE PEÑA SIRIO (PEDRIZA DE  
MANZANARES, MADRID)

Juan de Dios Centeno Carrillo y Manuel García Rodríguez



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO  
Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Juan de Dios Centeno Carrillo y Manuel García Rodríguez.  
Febrero, 2005.

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD05\\_001.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD05_001.pdf)

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Julio Merino García [tecnologia@uax.es](mailto:tecnologia@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

# EL PAPEL DE LOS PROCESOS GRAVITACIONALES EN LOS RELIEVES GRANÍTICOS: EL DERRUMBE DE PEÑA SIRIO (PEDRIZA DE MANZANARES, MADRID)

**Juan de Dios Centeno Carrillo <sup>(1)</sup> y Manuel García Rodríguez <sup>(2)</sup>**

(1) Dr. CC. Geológicas. Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Nováis 2, 28040 Madrid. E-mail: juande@geo.ucm.es

(2) Dr. CC. Geológicas. Departamento de Tecnología Industrial. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X el Sabio. Avenida de la Universidad nº 1. Villanueva de la Cañada C.P. 28691. Madrid. Tlf. 918109118. E-mail: manugaro@uax.es

**RESUMEN:** Se estudia el papel de los procesos gravitacionales en el relieve de los paisajes graníticos, así como el control estructural y el de la circulación del agua. Se describen los elementos principales del derrumbe ocurrido el día 16 de Abril de 1995 en la ladera occidental de peña Sirio, en la Pedriza de Manzanares (Sistema Central, Madrid). Los rasgos de este movimiento gravitacional complejo han permitido reconstruir buena parte de los itinerarios seguidos por los bloques implicados. También se pone de manifiesto el papel que, de forma más genérica, juegan estos movimientos en la morfogénesis de zonas como la Pedriza de Manzanares.

**PALABRAS CLAVE:** Procesos gravitacionales, Desprendimientos rocosos, relieves graníticos, Pedriza de Manzanares.

*ABSTRACT: We show the role of Gravitational slope processes on the granitic landscape of la Pedriza de Manzanares (a singular natural site). The role of structure and water are also described. The Peña Sirio hill suffered a rockfall on the 16th of April of 1995. The rockfall left evidence enough as to reconstruct the processes and the route that followed the blocks of this rockfall. It is also shown the influence that these movements play, in a more generic way, in the morphology of areas like the Pedriza of Manzanares.*

*KEY-WORDS: Gravitational slope processes, rockfalls, granite landforms, Pedriza of Manzanares.*

## 1. Introducción

La Pedriza de Manzanares es un conjunto de relieves grabados (*etchforms*) asociados a los procesos de alteración sufridos por un *stock* de roca granítica (leucoadamellitas de grano grueso). Su particular estructura ha condicionado los procesos de alteración y la exposición del frente de alteración que dio y da lugar al relieve actual.

En detalle, la Pedriza de Manzanares está compartimentada por grandes fracturas de direcciones N ó NNE y E ó ENE. Dentro de cada compartimento la morfología viene determinada por la densidad de fracturas ortogonales y la presencia, ausencia y geometría de fracturas curvas (*sheet structure* o estructura en capas). La densidad de fracturas ortogonales, a su vez, muestra en líneas generales una relación inversa con la abundancia de estructuras en capas y con el tamaño de los distintos compartimentos (Figura 1).

El relieve muestra así una variedad de formas que ha permitido definir una serie de dominios y subdominios (Pedraza et al., 1989) caracterizados por la abundancia relativa de fracturas curvas (Dominio Anterior), ortogonales (Dominio Occidental) o verticales (Dominios Central y Posterior)

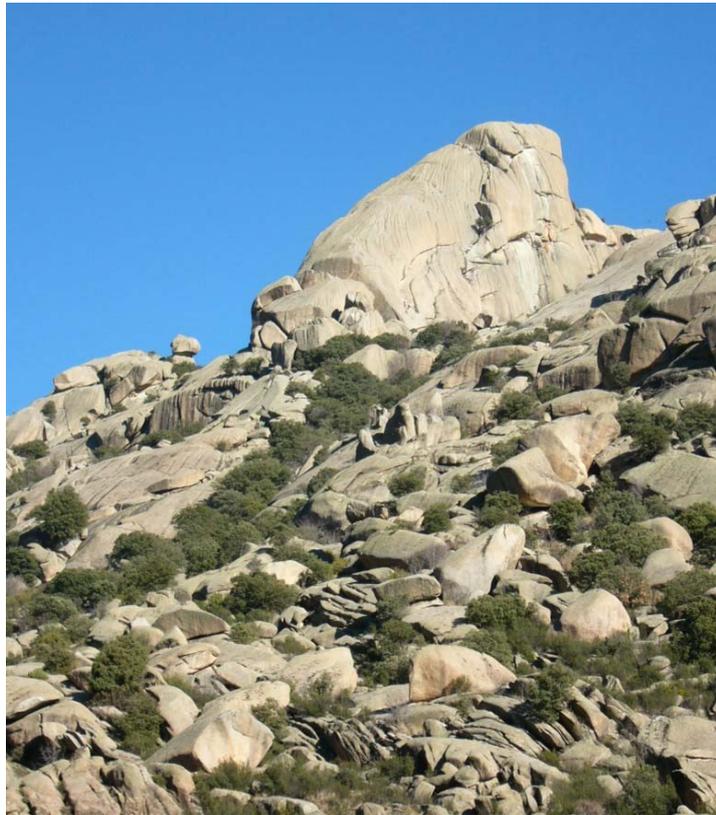


Figura 1. Sistema de fracturación en el entorno de Peña Sirio.

En la zona de Peña Sirio predominan las fracturas curvas de radio amplio, aunque cerca de los márgenes de este conjunto aparecen estructuras ortogonales y verticales. En consecuencia, abundan los *bornhardts* (inselbergs dómicos) en las cumbres y los berrocales, con algunos escarpes verticales en los fondos de valle, allí donde las grandes fracturas delimitan dominios o subdominios y condicionan el trazado de los valles principales.

Según la caracterización de rocas de la “International Society for Rock Mechanics” (ISRM, 1981), empleada frecuentemente en trabajos relacionados con la ingeniería geológica, la zona en la que se ha desencadenado el deslizamiento puede incluirse, a partir de diferentes criterios, en los siguientes tipos:

1. Según el número de familias de discontinuidades, pertenecería al “Tipo V”, con dos familias de discontinuidades más otras ocasionales, o bien del “Tipo VI”, caracterizado por estar formado por tres familias de discontinuidades.
2. Según el tamaño de los bloques en función del tipo de discontinuidades, predominan los “bloques grandes” caracterizados por tener menos de una discontinuidad por metro cúbico de bloque.
3. Según el tamaño y la forma de los bloques, se trataría bloques “Tipo II”, cúbicos, con bloques aproximadamente equidimensionales, y/o del “Tipo III”, de formas tabulares con una dimensión considerablemente menor que las otras dos.

El derrumbe de Peña Sirio (Figuras 2 y 3) tuvo lugar el día 16 de Abril de 1995, a la una de la madrugada (testimonio del guarda del refugio de la Pedriza y visitado por los autores inmediatamente). Dicho refugio se sitúa en la ladera NNO de dicha cumbre, en la vertiente izquierda del valle de Majadillas. El valle, a su vez, sigue un sistema de fracturas de dirección N15E, una de las cuales, a media ladera, separa la zona de predominio de formas curvas de la de berrocal. El berrocal, a su vez, muestra un tránsito lateral con el regolito-aluvial del fondo de valle, que muestra evidencias de un encajamiento reciente.

Cruden y Varnes (1996), presentan una clasificación de los movimientos de ladera basada en la velocidad del desplazamiento, en la que se establece siete clases, siendo la clase 1 un movimiento extremadamente lento y la clase 7 un movimiento extremadamente rápido. El deslizamiento de Peña Sirio pertenecería a la clase 6 o clase 7, es decir con velocidades del orden de unos 5 m/s o superiores, siendo un movimiento violento y catastrófico, como bien se pone de manifiesto en los bloques partidos localizados al pie de la ladera.



Figura 2. Aspecto general del deslizamiento.

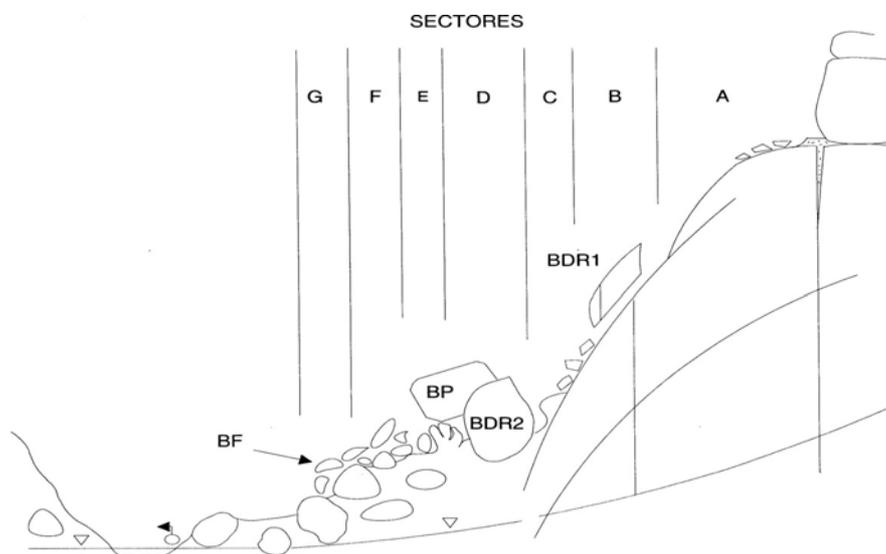


Figura 3. Esquema de los sectores que se han diferenciado en el deslizamiento.

## 2. Elementos del derrumbe de peña Sirio

El gráfico de la Figura 3 muestra una representación esquemática del derrumbe, dividido en sectores donde predominan distintos tipos de movimiento. La descripción en el texto se ha hecho en un orden descendiente lo que, por otro lado, tiene un significado temporal aproximado.

### 2.1. Sector A: “Zona de despegue del bloque principal (BP)”

Muestra huellas de deslizamiento sobre una fractura arqueada y convexa (Figura 4). El bloque principal BP partió de aquí, ya que se le reconoce en una fotografía tomada por Miguel Angel Sanz en 1989 (Pedraza et al., 1989). El movimiento de deslizamiento rocoso rotacional puede reconstruirse por las estrías de deslizamiento y la forma de la superficie. Las estrías de deslizamiento terminan donde la fractura adquiere mayor pendiente. Entendemos que el bloque o bloques deslizados que superan este umbral vuelcan y abandonan el deslizamiento puro para iniciar un movimiento complejo de rodadura, saltos y deslizamiento que provocan la destrucción de buena parte de ellos (Figura 5).

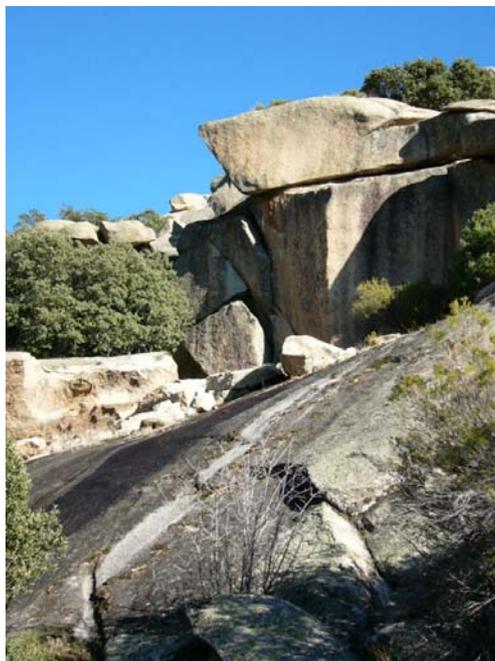


Figura 4. Zona de despegue del bloque principal (BP).

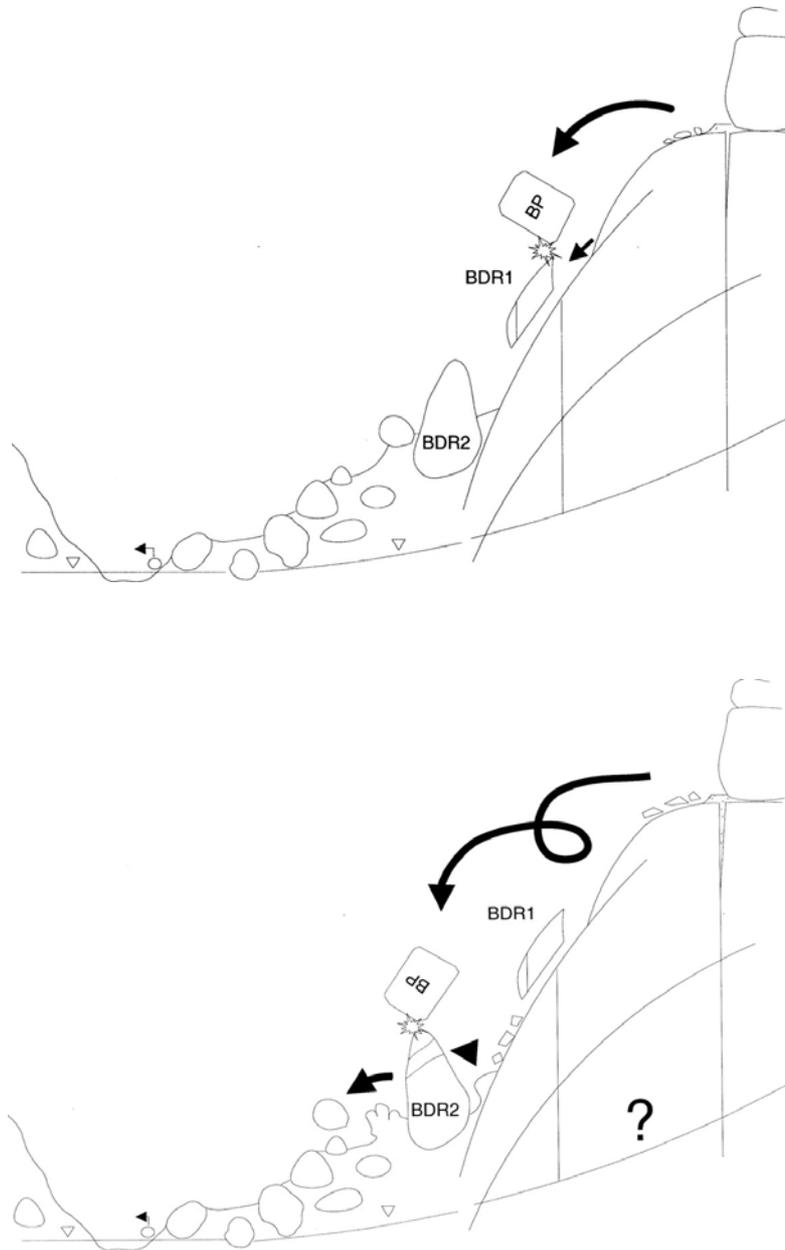


Figura 5. Esquema explicativo de la trayectoria del BP durante el deslizamiento.

Los deslizamientos rotacionales se describen raramente en materiales rocosos competentes. Al contrario, todas las investigaciones se centran en los comunes fenómenos de "slumping" de sedimentos poco o medianamente consolidados. De todos modos, aunque éste es un deslizamiento rotacional en el más estricto de los sentidos (presencia de un plano de deslizamiento, ausencia de deformación en la masa deslizada, posibilidad de describir el movimiento como una rotación alrededor de un eje) los movimientos como el que nos ocupa, casi exclusivos de las rocas graníticas, tienen un plano de deslizamiento convexo y, consecuentemente, un eje de rotación situado bajo la superficie. Los métodos más comunes de cálculo de estabilidad no pueden aplicarse directamente aunque, a cambio, se trata de una situación sencilla muy parecida al clásico problema de movimiento sobre un plano inclinado.

En el sector quedan algunos bloques (de dimensiones inferiores a los 3 m) difíciles de explicar. Puede tratarse de bloques superpuestos al BP, como los que ahora se observan en los bloques *in situ* situados ladera arriba de la cicatriz principal, que al iniciarse el movimiento se desplomaron, o porciones del bloque BP que se pudo romper nada más iniciar el movimiento. Una alternativa es la de suponer que el movimiento del bloque BP, que ocupaba una posición muy próxima a la de un bloque oscilante, inició su movimiento cuando una parte del mismo se separó por rotura y dio lugar a un desequilibrio alrededor del o los puntos de apoyo sobre la fractura arqueada.

## **2.2. Sector B: “Situado bajo el umbral de vuelco del sector anterior”**

Hay huellas de impacto de un bloque de grandes dimensiones sobre otro bloque (4 m x 4 m x 1,5 m) que ha sido desplazado sobre la fractura curva subyacente y partido en dos (BDR1). El impacto ha provocado una fractura vertical y de dirección paralela a la máxima pendiente (Figura 6). La huella de impacto se sitúa en el centro de la arista superior del bloque desplazado (BDR1), que muestra huellas menores en su parte superior.

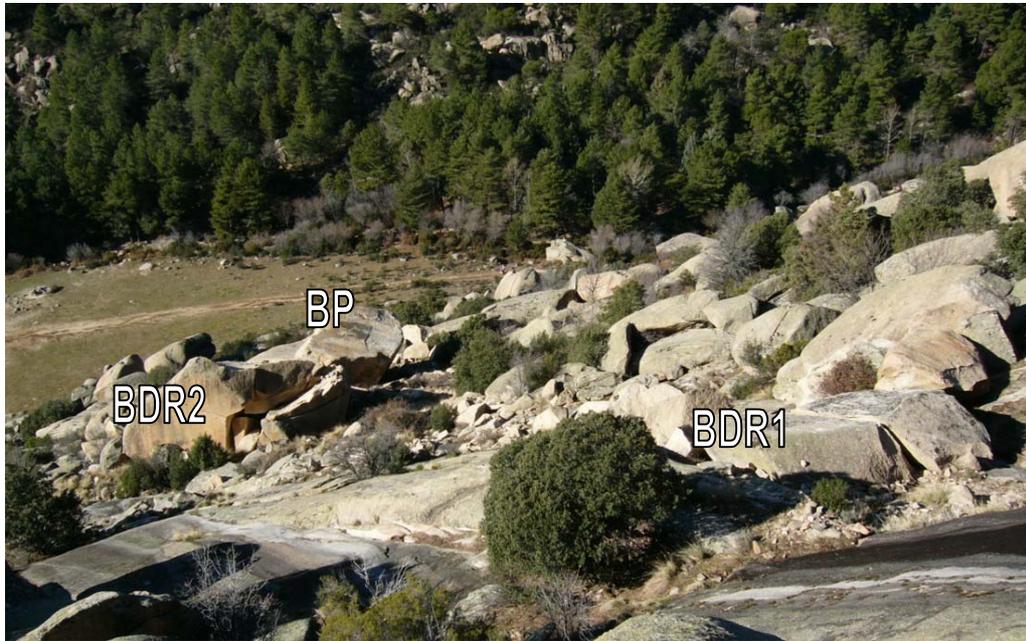


Figura 6. Panorámica general del deslizamiento y aspecto del BDR1 situado en la parte más alta (sector B).

Es razonable suponer que el bloque principal (BP) podría ser responsable de los impactos y que haya "saltado" después por encima del bloque BDR1.

### ***2.3. Sector C: “Arrasamiento y rotura masiva de bloques”***

La superficie aparece cubierta de bloques de dimensiones inferiores a los 2 m, fracturados y triturados durante el derrumbe (Figura 6). La disposición es caótica y no podemos precisar los movimientos implicados. Parece coherente pensar que el paso del bloque BP sobre el sector es la causa del caos de bloques, aunque pudiera haber otros bloques implicados.

### ***2.4. Sector D: “Bloque principal (BP) y segundo bloque desplazado y roto (BDR2)”***

El bloque BP (unos 100-150 m<sup>3</sup>) muestra huellas de impactos en todos sus vértices, aristas y caras, estrías de deslizamiento y acanaladuras de alteración por agua corriente en direcciones distintas a la de máxima pendiente (Figura 7).

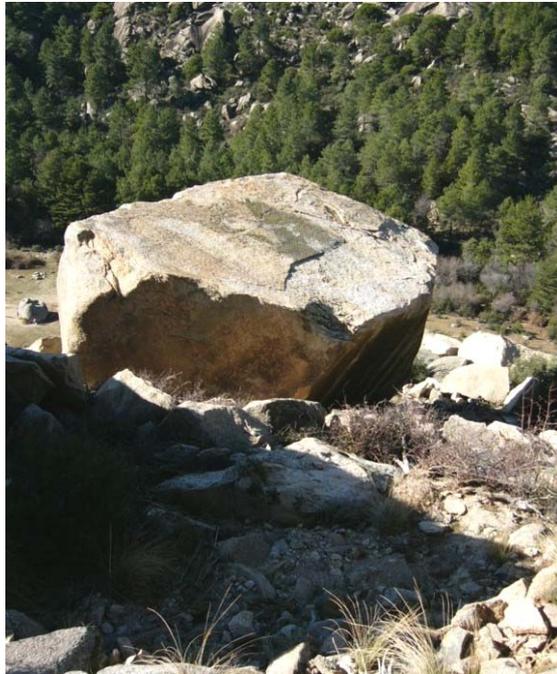


Figura 7. Bloque Principal. La cara orientada hacia arriba se corresponde con la base del bloque antes de producirse el deslizamiento.

Todos estos elementos indican que ha cambiado de posición y sufrido un largo desplazamiento. Además, como se explica más arriba, en fotos recientes se identifica un bloque de dimensiones similares en el sector A.

El bloque BDR2 (unos 125-175 m<sup>3</sup>) tiene geometría subparalelepédica, caras relativamente planas y pocas huellas de alteración. Por comparación con otros bloques de esta parte de la ladera, esta escasa alteración podría interpretarse como la consecuencia de haber llegado a su posición actual hace relativamente poco. Ha sufrido un impacto que ha provocado su rotura y desplazamiento. El impacto debió producirse cerca de la arista superior, la más próxima al área fuente del derrumbe, donde se observa la mayor densidad de nuevas fracturas. La rotura ha aprovechado varias líneas de debilidad, curvas y rectas, que han producido bloques de formas diversas, entre ellos varias lajas arqueadas (Figura 8).

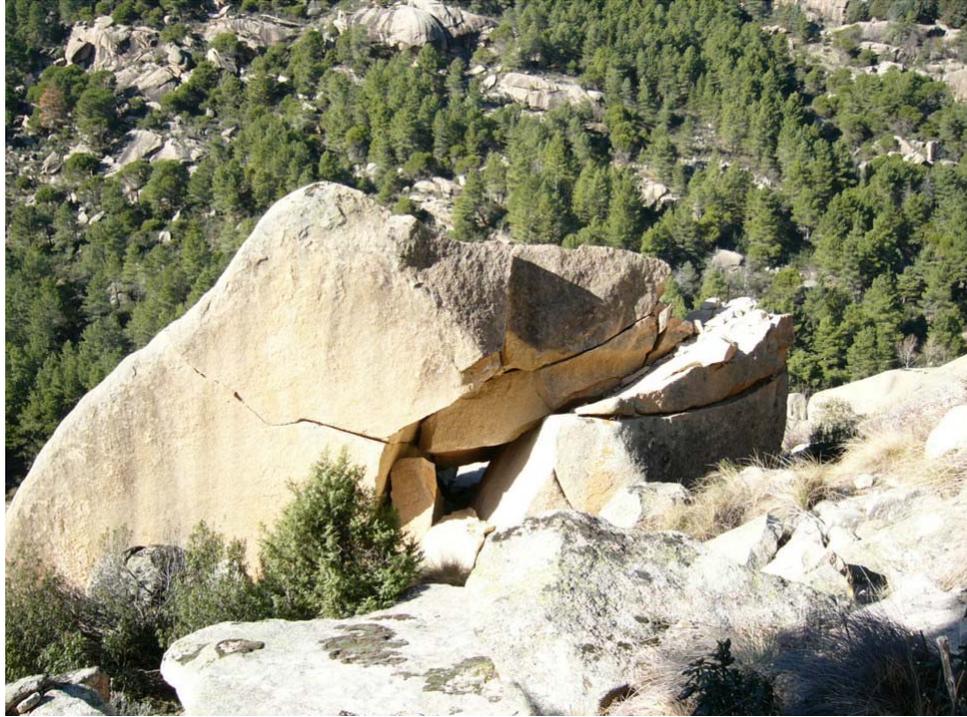


Figura 8. Aspecto del BDR2. Rotura del bloque producida por el impacto con el BP.

El desplazamiento del bloque se pone de manifiesto por la zanja abierta en su cara de "ladera arriba", donde el bloque ha sido separado un metro del regolito en que estaba parcialmente enterrado (Figura 9). Las dimensiones del bloque, la magnitud de la rotura y el desplazamiento sólo pueden explicarse por un impacto del bloque BP. Así se explicaría también que éste se detuviese al borde de un umbral de gran pendiente después de desviarse a la derecha de su trayectoria como consecuencia del impacto.

El regolito que rodea al bloque BDR2 muestra signos de transporte. Las dimensiones del bloque, más cercanas a las del bloque BP y las de aquellos que se hallan en los sectores superiores de la ladera, nos llevan a pensar que se trata de un bloque movido en algún acontecimiento más antiguo y parcialmente fosilizado por depósitos de ladera posteriores.

El impacto debió de lanzar en trayectoria aérea algunos bloques de los que ocupan el sector F.



Figura 9. Desplazamiento del BDR2 del regolito debido al impacto con el BP.

### **2.5. Sector E: "Extrusión de regolito"**

El desplazamiento del bloque BDR2 afectó también al regolito que le recubría parcialmente ladera abajo. La resistencia al desplazamiento de los bloques inferiores provocó la compresión del regolito que respondió formando un abombamiento del suelo. Esta "extrusión" ha mezclado los horizontes del suelo, sacado a superficie *corestones* y bloques transportados, destruido la cubierta herbácea y volcado o desenraizado los árboles y arbustos (enebros y jaras). Colateralmente ha provocado una disminución de la cohesión y un aumento de la pendiente de los que pueden derivarse algunos de los bloques desplazados hacia el siguiente sector.

### **2.6. Sector F: "Bloques procedentes de los sector D y E y bloques rotos por impacto"**

Al pie del sector E se encuentra una acumulación relativamente importante de bloques. Los grandes bloques fracturados no pueden haberse producido sólo por rodadura o

deslizamiento desde el sector E. Por eso pensamos que han debido caer desde el sector D, procedentes del gran impacto entre los bloques BP y BDR2.

### ***2.7. Sector G: “Roturas por impactos de saltación”***

El bloque final BF recorrió la parte final del derrumbe, entre el sector F y su posición actual, en cuatro saltos que pueden identificarse por sus respectivos impactos y los bloques rotos y desplazados en cada uno de ellos.

A lo largo de todos los sectores se encuentran múltiples huellas de impacto y fricción. En algunos casos se ha producido un material pulverulento que llega a compactarse en escamas de espesor milimétrico.

Los sectores A-D incluyen todo el recorrido del bloque principal BP. En este conjunto superior el movimiento es relativamente sencillo, ya que se trata del deslizamiento, vuelco, rodadura y saltación de un único bloque que rompe, arrastra o desplaza a algunos de los bloques que encuentra en su camino.

En los sectores E-G, en cambio, el movimiento se inicia con el impacto de BP sobre BDR2, la rotura de éste y la "extrusión" de materiales del regolito. Así se produce el rodamiento y la saltación de varios bloques menores mientras BP se detiene cerca de BDR2. Este conjunto inferior, aunque representa una magnitud menor de movimientos y roturas, se extiende por una anchura importante, con efectos más dispersos, que hacen más difícil la reconstrucción de la procedencia de los bloques y del conjunto de los movimientos, salvo en el sector G, donde sólo se detecta el movimiento de un bloque.

## **3. Posibles factores desencadenantes del deslizamiento**

### ***3.1. El agua en la Pedriza de Manzanares***

La precipitación media anual en la zona es de unos 800 mm, con una irregular distribución anual. Las características litológicas, estructurales y morfológicas de la Pedriza hacen que su distribución y disponibilidad en el suelo sea muy heterogénea.

Las superficies graníticas frescas son extremadamente impermeables, por lo que, en detalle, generan una escorrentía superficial relativamente alta. En cambio, puede alcanzarse puntualmente una gran permeabilidad secundaria por alteración y/o fisuración.

En la estación meteorológica más próxima (Puerto de Navacerrada), según el Instituto Nacional de Meteorología, la precipitación acumulada entre el 20 de febrero y el 20 de mayo de 1995, tras un largo periodo sin lluvias, fue de 58,4 mm. Desde esta última fecha no se registró ninguna precipitación hasta poco después de que se produjera el deslizamiento (día 16 de abril) en la zona, lo que supone un periodo de 35 días sin lluvias. Este hecho, como más adelante se comentará, pudo ser uno de los condicionantes de que comenzara el movimiento del bloque.

En las laderas de Peña Sirio, la intersección entre las estructuras en capas arqueadas y las fracturas verticales, situación que se repite frecuentemente en todo el Dominio Anterior, da lugar a importantes concentraciones de escorrentía, procedente de las laderas arqueadas, que se infiltra en fracturas verticales (Figura 10). Este agua ocupa tanto las fisuras verticales como las arqueadas que encuentre en su camino, por las que a menudo retorna a la superficie dando lugar a manantiales que erosionan regueros en la roca (acanaladuras). El agua gravitacional puede favorecer las fuerzas motrices de los movimientos de ladera.

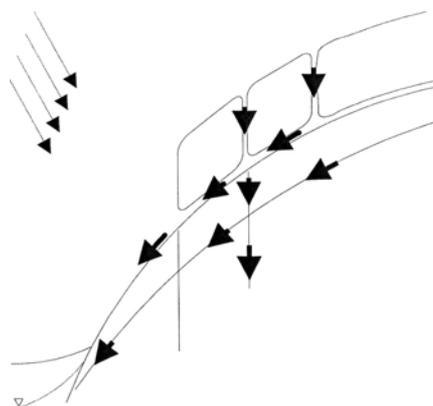


Figura 10. Esquema de la circulación del agua por las fracturas.

En las fracturas arqueadas, que son planos inclinados de pendiente creciente ladera abajo, la presión hidrostática se opone a la componente normal del peso de los bloques, de modo que reduce la fricción. En las fracturas verticales, la presión hidrostática se suma a la componente tangencial al plano de deslizamiento potencial de forma que aumenta la suma de fuerzas motrices. Además la circulación del agua por las fracturas curvas, en el mismo sentido que el deslizamiento potencial, contribuye también a las fuerzas motrices mediante un efecto de *seepage force* (Figura 11).

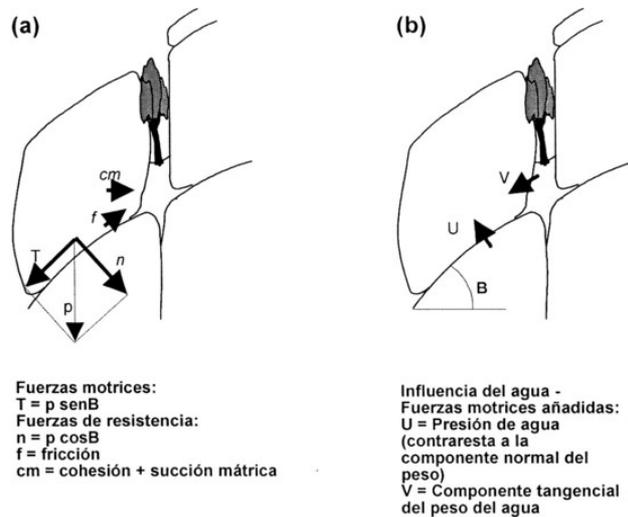


Figura 11. Fuerzas motrices e influencia del agua.

En este caso concreto con escasas precipitaciones en las semanas precedentes y pocas posibilidades de que en las fisuras se supere la capacidad de campo y haya agua confinada, el agua puede ejercer incluso un papel estabilizador por capilaridad tanto en la base del BP como en el suelo, acumulado entre éste y la cicatriz de la ladera arriba. La sequía previa al derrumbe debió provocar una desecación total del suelo y las fisuras de la base que podrían reducir la cohesión o dejar al BP separado de los bloques adyacentes.

Por último, hay que añadir que las laderas sufren todos los inviernos fenómenos de congelación-descongelación de poca amplitud térmica y frecuencia diurna a semanal. En verano, en cambio, sufren cambios de temperatura diarios que pueden alcanzar a menudo los 20-25° C en las laderas meridionales y occidentales. Estos contribuyen sin duda a la meteorización de la roca, pero no podemos encontrar ninguna intervención directa en el proceso de movimiento gravitacional.

### 3.2. Encajamiento fluvial reciente

El valle de Majadillas muestra evidencias de un encajamiento reciente. El fondo del valle no muestra, como el conjunto de las laderas un afloramiento casi continuo de roca fresca. Al contrario, aparece cubierto de una mezcla de regolito *in situ* y depósitos mixtos aluvial-coluviales, de los que sobresalen afloramientos dispersos (Figura 12).

Al pie mismo del derrumbe, varios afloramientos muestran *flared slopes* (pendientes invertidas) que prueban la existencia de al menos tres fases erosivas. De momento, no podemos datar estos episodios de encajamiento, pero la escasa cubierta de líquenes de los afloramientos indica una exposición y/o exhumación relativamente recientes (posiblemente intraholocena) de unos dos metros.



Figura 12. Fondo de valle, a pie del deslizamiento, recubierto de materiales de alteración y coluviales.

El encajamiento del valle contribuye a la inestabilidad de las laderas. De hecho podría ayudar a entender la continuidad de derrubios en toda la base de las laderas de Peña Sirio.

### 3.3. Sismicidad

Algunos movimientos en laderas graníticas han sido atribuidos a fenómenos sísmicos poco intensos. Twidale (1982) cita la formación de *A-tents* (bloques partidos e imbricados) durante terremotos en Australia del sur. Según el Instituto Geográfico Nacional, el terremoto más próximo a la fecha del deslizamiento se registró el día 6 de marzo de 1995 (10 días antes del derrumbe), con una magnitud de 2,7 en la escala de Richter y a una distancia de unos 150 km de la zona. Si tenemos en cuenta el estudio de Hays (1990), en el que se relacionan los posibles procesos de deslizamiento en función de la magnitud del terremoto y la distancia al epicentro (ver Figura 13), parece claro que el deslizamiento de peña Sirio queda fuera de los límites para que tenga lugar la desestabilización de bloques. La intensidad, la distancia y la fecha hacen difícil establecer una relación entre ambos fenómenos.

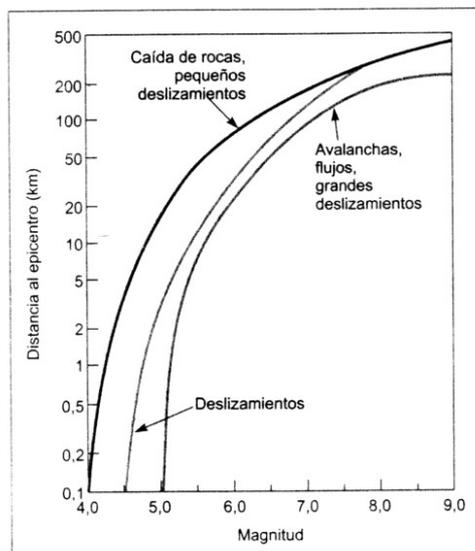


Figura 13. Susceptibilidad de deslizamientos inducidos por terremotos (Hays, 1990).

## 4. Conclusiones generales

El derrumbe no muestra ningún factor desencadenante evidente. El agua, la sismicidad o el crecimiento de vegetación pueden haber contribuido a una desestabilización progresiva del bloque principal. La desecación del suelo y los microsuelos en las fisuras, es el único

proceso que puede detectarse en los días anteriores, pero no parece razonable utilizarlo como única causa de la desestabilización del bloque.

Todo el proceso se relaciona con el deslizamiento de un sólo bloque que, en su movimiento, arrastró, empujó o fracturó a los restantes bloques puestos en movimiento. Como las dimensiones del BP o mayores son frecuentes en la parte superior de la ladera, puede suponerse que buena parte de la historia del relieve en estas vertientes es una acumulación de procesos similares, así lo prueba la historia del bloque BRD2.

Las fracturas N15E de esta ladera delimitan dos subdominios claramente diferenciados que se repiten en muchos lugares de la Pedriza. Las partes superiores de las laderas, dominadas por estructuras bien organizadas (en fracturas arqueadas y/o ortogonales) se borran hacia las partes inferiores donde predomina la acumulación de coluviones. Si las partes superiores actúan simplemente como área fuente, las inferiores acumulan bloques que son rotos y desplazados cada vez que se inicia un desprendimiento ladera arriba. De ahí el paso brusco de una zona de grandes bloques a otra de bloques menores, caóticamente dispuestos y que parecen indicar una mayor densidad de fracturación.

Desde un punto de vista de la gestión de espacios protegidos, los movimientos de este tipo son un peligro geológico evidente. Pero frente a su gran peligrosidad, basta limitar el acceso y las actividades permitidas a las zonas de peligro para conseguir un índice de riesgo bajo. En conjunto, estos fenómenos tienen más interés que riesgo. Por un lado constituyen un atractivo más, científico-pedagógico, para la utilización de la zona. En segundo lugar, la zonificación que este proceso genera en la ladera contribuye a incrementar la biodiversidad local, creando micro-habitats nuevos. Por último, el contraste en zonas sin regolito, con un frente de alteración impermeable expuesto en la superficie y un buen regolito en la base de las laderas, produce modificaciones importantes en el régimen hídrico del suelo, especialmente en climas como el de la región que, como consecuencia de la sequía veraniega, genera abundantes crisis de estrés fisiológico que afecta a la cubierta vegetal.

## **5. Agradecimientos**

A la Dra. Ana Pividal por su ayuda en el trabajo de campo.

## 6. Bibliografía

- CRUDEN, D. M. y VARNES, D.J. (1996). *Landslides types and processes*. En: Landslides. Investigation and mitigation. Turner and Schuster Eds. Special Rep. 247. Tras. Reserarch Board. Nat. Academy Press. U.S.A. Chapter 3.
- PEDRAZA J., SANZ M.A., MARTÍN A.(1989). *Formas graníticas de la Pedriza*. Agencia de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.
- HAYS, W. (1990). *Earthquake vulnerability*. Cooperative Project for Seismic Risk Reduction in the Mediterranean Region. UNDP/OPS/UNDRO, Trieste.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS, ISRM (1981). *Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. ISRM Suggested methods. Ed. E.T. Brown. Pergamon Press.
- TWIDALE, C.R. (1982). *Granite Landforms*. Ed. Elsevier. Amsterdan. 372 pp.