

ROQUE ORTIZ SILLA (Ed.)

PROBLEMÁTICA GEOAMBIENTAL Y DESARROLLO

Tomo II

V REUNIÓN NACIONAL DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Murcia, 1993

Sociedad Española de Geología Ambiental
y Ordenación del Territorio

FENÓMENOS GRAVITACIONALES EN EL ENTORNO DE LA CIUDAD DE SEGOVIA: ANÁLISIS DE RIESGOS Y APLICACIÓN A LA ORDENACIÓN TERRITORIAL

A. Díez Herrero* y J. F. Martín Duque*

* Departamento de Geodinámica, Facultad de C.C. Geológicas, Universidad Complutense, 28040, Madrid.

RESUMEN

Dentro de la propia ciudad de Segovia se sitúa el contacto entre los materiales gneissicos y graníticos que conforman gran parte de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central español), y un conjunto sedimentario triásico-carbonífero de edad Turoniano-Maastrichtense, que se apoya discordantemente sobre aquellos. Los dos conjuntos litológicos se hallan disectados, de manera importante por la red fluvial, habiéndose conformado un relieve con laderas muy escarpadas en ambos casos. Todo ello condiciona la existencia de frecuentes y variados procesos gravitacionales: desprendimientos, vuelcos (desplomes), deslizamientos rotacionales complejos, y flujos (soliflucción-reptación).

La interacción entre estos procesos y la actividad humana ha sido una constante a lo largo de la historia de la ciudad. De hecho el hombre ha actuado y actúa como un factor determinante en muchos de estos movimientos de laderas, al inducirlos mediante actividades extractivas, realización de obras de infraestructura y ubicación inadecuada de construcciones.

En el presente trabajo se analizan en detalle los procesos y fenómenos gravitacionales existentes en el entorno de la ciudad de Segovia y se cartografían y jerarquizan las áreas de riesgo, con objeto de integrar dicha información en el proceso de planificación de la ciudad y de su entorno.

Palabras clave: Segovia, fenómenos gravitacionales, riesgo.

ABSTRACT

Within the proper city of Segovia, it is situated the contact between the gneissic and granitic materials that shape great part of Guadarrama Mountains (Spanish Central System), and a sedimentary triassic-carboniferous group from Turonian-Maastrichtian age, that is supported by those discordantly. Both groups are dissected in an important way by the fluvial net, having formed gorges in the crystalline materials, and canyons in the sedimentary ones, of hillsides very inclined in both cases. The strong slopes and the variety of rocks determine the existence of frequent and varied gravitational processes: rockfalls, overhangs, complex rotational landslides and flows.

The interaction between the processes and human activity has been a constant along the history of the city. In fact the man has been and is a determinant factor in many of this movements of hillsides, introducing them by extractive activities, the realization of works of substructure, inadequate location of constructions,...

In the present paper the gravitational processes and phenomena are analysed in detail, and the areas of risk are cartographed and hierarchised, with the aim of composing such information in the planification process of the city and its environment.

Key words: Segovia, gravitational processes, risk.

1. MARCO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

La ciudad de Segovia está ubicada en la vertiente septentrional del Sistema Central, al pie de la Sierra de Guadarrama, en el borde SE de la submeseta norte o Cuenca del Duero. Dentro del propio núcleo urbano, se sitúa el contacto entre dos conjuntos litológicos muy diferentes: el primero de ellos está constituido por rocas ígneas y metamórficas pertenecientes al Macizo Hercínico, de edades precámbrico-paleozoico. El segundo está representado por materiales sedimentarios terrígeno-carbonatados de edad Turoniense-Maastriichtiense, consistentes en detalle en un conjunto de arenas y arcillas en la base, y areniscas dolomíticas, dolomías y margas a techo, los cuales se apoyan discordantes sobre el sustrato paleozoico ígneo y metamórfico.

Como en el resto del Sistema Central y sus bordes, la morfología general del entorno estudiado está controlada por planicies de arrasamiento, representadas aquí por la rampa de la Sierra (superficie tipo «pedimento»). En las proximidades de la ciudad, dicha superficie se halla degradada por procesos fluviales, la cual entlaza con una serie de relieves estructurales (cuestas y plataformas) en los materiales sedimentarios.

A estos rasgos básicos se les superponen otros de detalle, que son consecuencia de procesos actuales y subactuales (cuaternarios). Los procesos dominantes, fluviales y gravitacionales, han configurado una morfología caracterizada por gargantas en los materiales cristalinos, y cañones en los sedimentarios (Fig. 1).



Foto 1. Desprendimiento por gelifracción en rocas cristalinas en las proximidades del Acueducto.

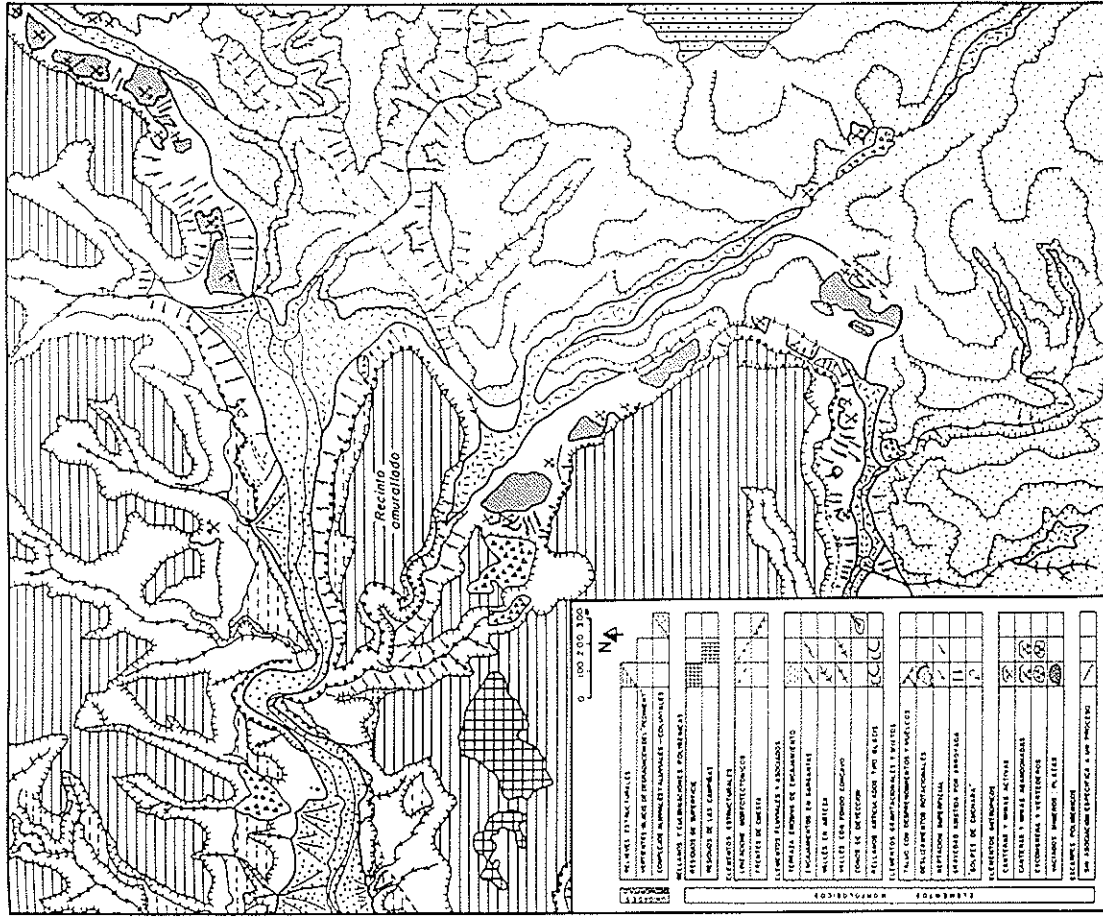


Figura 1. Esquema geomorfológico del entorno de la ciudad de Segovia. Basado en PEDRAZA, J. et al. (1991).

2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE FENÓMENOS GRAVITACIONALES

Un intento básico de clasificar los diversos tipos de procesos gravitacionales de Segovia y su entorno, de acuerdo a la clasificación de Corominas (1989), nos permitiría diferenciar:

2.1. Desprendimientos

2.1.1. Desprendimientos por *gelifracción*

En aquellos lugares donde las litologías más coherentes afloran y presentan taludes de elevada pendiente, verticalizadas o incluso en extraplomo, son frecuentes las disgregaciones a favor de planos de debilidad combinadas con acción periglaciaria.

Las litologías donde se suelen producir son: gneises y migmatitas, granitoides (a favor de planos de diaclasado tectónico o de descompresión), y margas y areniscas dolomíticas (aprovechando, además del diaclasado, los planos de estratificación).

El extremo clima de la ciudad de Segovia, con una temperatura media anual de 11° y continuas heladas (85 días de helada de media anual y un periodo de helada probable de 8 meses, de octubre a mayo), propicia que en estas discontinuidades de los macizos rocosos se produzcan ciclos helada-deshielo que afectan al agua libre que contienen, o al que se encuentra empapando las arcillas y limos que las rellenan.

Se localizan normalmente en los puntos de ruptura de la pendiente, coincidiendo en la mayor parte de los casos con los bordes de superficies (erosivas o estructurales) que son disectadas por la red fluvial.

Hay que referir, por último, la importancia de estos fenómenos allí donde han sido inducidos por la acción antrópica, fundamentalmente con la creación de taludes o zapados de vertientes (Foto 1).

2.1.2. Desprendimientos por *descañe*

Muy vinculados a los desprendimientos por gelifracción, se encuentran igualmente diversos fenómenos compuestos (Foto 2), resultado de la combinación de fenómenos gravitacionales con:

- Socavación lateral: en el progresivo encajamiento de los ríos Eresma y Clamores, los diferentes niveles de palcosvalles denotan una clara tendencia a un trazado meandriforme que parece acentuarse en el cañón actual. Este, condiciona que las partes altas de los valles tengan una configuración en planta lobulada, consecuencia de la socavación lateral en la orilla convexa de los meandros. De esta forma, se crean una serie de laderas con culminación a modo de anficastro y un neto vaciado en el pie, fruto de la acción de los ríos y de la dinámica de vertientes. Estos pequeños «circos» son lugares preferentes para producirse desprendimientos en litologías dolo-



Foto 2. Desprendimiento en rocas dolomíticas en el barrio de San Marcos.

míticas a favor de diaclasado y planos de estratificación, en muchas ocasiones combinados con fenómenos cársicos.

Deslizamientos basales: la configuración litológica de las vertientes donde, como ya se ha indicado, se encuentran en ocasiones conjuntos de materiales con comportamiento mecánico muy diferente, favorecen que en una misma ladera se produzcan diversos fenómenos gravitacionales. Así, es frecuente que en el pie de la ladera se den deslizamientos basales en litologías areno-arcillosas, cuya coronación queda en la parte media-alta marcada con el contacto con los materiales carbonáticos. De esta forma se crean taludes de coronación de formas convergentes a las referidas de socavación lateral, que retroceden paralelos a sí mismos mediante desprendimientos y vuelcos. Los propios materiales desprendidos se acumulan en la cabecera del deslizamiento, creando un efecto de retroalimentación de los fenómenos.

2.1.3. *Colapsos de abrigos y solapas*

En los materiales calco-dolomíticos cretácicos se ha desarrollado un carst, actualmente colgado respecto al nivel de base, que ha dejado numerosas galerías subhorizontales freático-vañosas disectadas por los valles. En el desarrollo de estos abrigos y galerías se observa un claro control litológico y estructural, de forma que los planos de estratificación definen en numerosas ocasiones la base y techo de las galerías. Cuando los solapos alcanzan dimensiones considerables, o se desarrollan en litologías más arenosas o margosas, son frecuentes los desprendimientos de planchas del techo de forma paralelepípedica a favor de los planos de estratificación y el diaclasado.

2.2. Vuelcos (desplomes)

Estrechamente vinculados a los desprendimientos por descañe, se localizan desplomes, fundamentalmente en las litologías carbonáticas allí donde forman taludes verticales sobre los conjuntos arcillo-arenosos. Las grietas de cabecera a favor de las cuales se produce la rotación del material normalmente se asocian a diaclasos y planos de estratificación, muchas veces ensanchados por procesos cársicos. Los otros fenómenos citados en la génesis de desprendimientos, socavación lateral y deslizamientos basales, son igualmente válidos para los desplomes, cuyo límite con los primeros no está claro. El eje de rotación de los vuelcos se suele situar unos metros por debajo del límite entre ambos conjuntos litológicos, ya que la compactación debida al propio peso del bloque calcáreo, hace que vuelquen junto a dolomías y margas, materiales de la parte superior del conjunto arcilloso.

2.3. Deslizamientos

2.3.1. *Rotacionales*

Vinculados a las litologías arcillo-arenosas cretácicas y a depósitos coluviales asociados, encontramos en el entorno de la ciudad una serie de deslizamientos rotacionales complejos muy característicos, en los que se diferencian fácilmente todos los elementos clásicamente referidos.

La coronación suele ser curva, a modo de arco, si bien presentan otras coronaciones lobuladas interiores fruto de sucesivas reactivaciones. La superficie de rotura interna parece igualmente curva, con la concavidad hacia arriba aunque con complejidades que se reflejan en las diversas inclinaciones de los bloques rotados de cabecera y en escarpes secundarios. La masa deslizada se caracteriza por la existencia de caballones, terracetas y cordones transversales, así como grietas transversales que afectan a toda la masa. Finalmente, el pie lleva asociado flujos solifluídicos donde las arcillas llegan licuefactarse.

Un importante papel en el proceso de deslizamiento al que nos referimos, lo juega el distinto comportamiento hidrogeológico de los dos conjuntos litológicos sedimentarios (arenas y arcillas en la

base, y areniscas dolomíticas y dolomías a techo), ya que la práctica impermeabilidad de los interiores, y la existencia de un acuífero cársico en los suprayacentes, origina surgencias de agua en el contacto, que contribuyen a lubricar los deslizamientos, a aumentar la carga y a empapar los materiales.

Tres son los fenómenos subterráneos y actuales de este tipo más característicos por su espectacularidad y grado de interferencia con la actividad humana:

— Estación de ferrocarril. Se trata de deslizamientos inducidos por la edificación en la parte alta de la ladera y por la apertura de taludes a su pie. Los movimientos han creado graves daños estructurales en las cimentaciones de la cabecera, y han cubierto totalmente un tramo de la vía de reserva de la propia estación (Fotos 3 y 4).

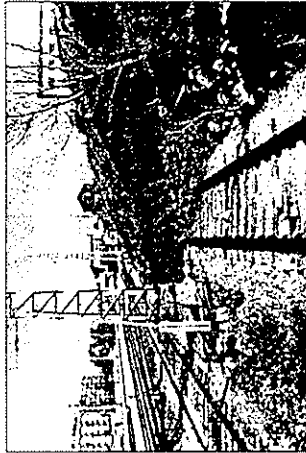


Foto 3. Lengua del deslizamiento invadiendo una vía de reserva.

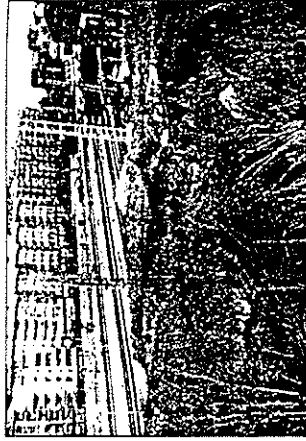


Foto 4. Coronación y cicatriz principal del deslizamiento.

Deslizamiento rotacional desarrollado sobre materiales areno-arcillosos, mezclados con coluviones y estériles de antiguas explotaciones mineras, en las proximidades de la estación de ferrocarril de Segovia.

— Fábrica de productos alimenticios. En la cabecera del valle del arroyo de Tejadilla, la instalación de una fábrica en los años 60, propició la apertura de un talud, disecando de este modo verticalmente una ladera en las arenas y arcillas cretácicas cubierta por un coluvión de materiales margo-calcareos de poco espesor. La inadecuada cimentación e instalación de los drenes indujo a la formación de un espectacular deslizamiento que afectó al propio edificio y especialmente a la vía de acceso de carga y descarga, ubicada sobre una escombrera construida con el material excavado en el talud (Foto 5).

Foto 5. Desprendimiento rotacional en la vía de carga de una fábrica en la cabecera del arroyo de Tejadilla. En superficie se reconocen con detalle grandes grietas transversales y bloques rotados por pendiente invertida.

— Alameda del Parraí. Sobre los mismos materiales, existe otro extenso deslizamiento complejo. La coronación aprovecha un talud vertical en las litologías carbonáticas a modo de anfiteatro. Dentro de la masa existen numerosas terrazetas, grietas y fenómenos de encharcamiento. Se trata de un deslizamiento antiguo, actualmente estabilizado (Foto 6).

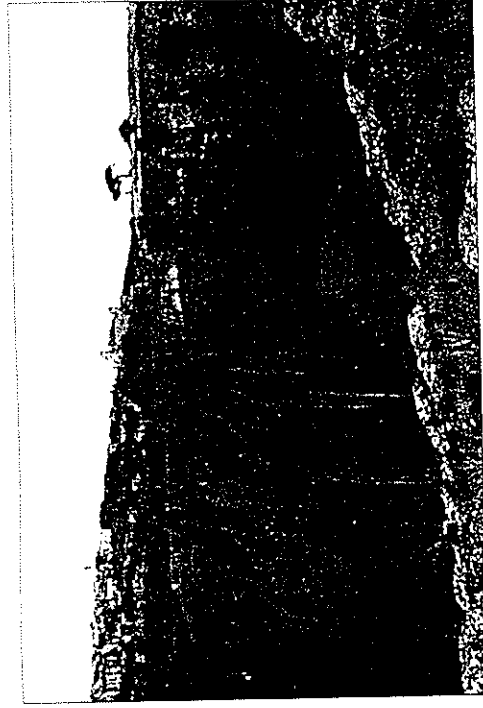


Foto 6. Cabezera de deslizamiento en las inclinaciones de la Alameda del Parraí. La masa deslizada se extiende hasta la propia llanura de inundación del río Eresma. En la coronación se producen desprendimientos por descalpe y vuelcos.

2.3.2. Traslacionales

Algunos de los vuelcos de tipo desplome ya tratados podrían considerarse mixtos (vuelco-deslizamiento), ya que la superficie de ruptura se encuentra muchas veces en las facies arcillo-arenosas, deslizando el paquete dolomítico a modo de cuña. Este movimiento se produce con frecuencia a favor de una superficie más o menos plana y paralela a la pendiente, que desplaza unos metros ladera abajo el conjunto sin que llegue a producirse el vuelco. De esta forma, encontramos a lo largo de la ladera, bloques dispuestos como lo estaban inicialmente, pero desplazados unos metros respecto a su posición original.

2.4. Movimientos de Flujo

2.4.1. Reptación

En muchas de las laderas del entorno de la ciudad, especialmente en las de mayor pendiente, independientemente de los materiales sobre los que se desarrollen, se producen movimientos fluidales superficiales de escasa magnitud. Para ello es suficiente la existencia de un pequeño recubrimiento de alteración, un suelo, o una formación superficial. Las manifestaciones externas más características son las formas alomadas, la desalinación de elementos o las curvaturas en el crecimiento de especies vegetales arbustivas o arbóreas. Son especialmente manifiestas en las laderas entre los replanos erosivos de degradación del pediment y en las vertientes de los valles de los ríos. Muchos de estos fenómenos presentan un régimen estacional, condicionados, y estrechamente vinculados, a fenómenos periglaciares y pluviales, generando un neto transporte ladera abajo en combinación con la arroyada difusa. Suelen afectar a un espesor escaso de material, ya que con las elevadas pendientes, la profundización del proceso conduce a la aparición de pequeños deslizamientos.

2.4.2. Soliflucción

Los fenómenos solifluídicos normalmente se encuentran asociados a otros gravitacionales, como los pies de los deslizamientos rotacionales complejos. Puntualmente pueden aparecer en laderas con repliación en aquellas zonas que presenten surgencias o zonas encharcadas, donde el empapamiento del material puede llegar a formar pequeños lóbulos solifluídicos de reducidas dimensiones.

2.5. Movimientos complejos

Como se desprende de este somero intento de clasificación, muchos de los fenómenos no pueden ser encajados en un sólo apartado, ya que realmente son complejas combinaciones de varios tipos. De esta forma, podríamos distinguir tres asociaciones características de los procesos cuyo grado de participación es variable en cada caso particular:

- *Desprendimientos por descalce en socavación + vuelco (desplome) + deslizamiento traslacional en cuña.*
- *Desprendimientos por descalce de deslizamiento basal + vuelco (desplome).*
- *Deslizamientos rotacionales + soliflucción.*

3. LA INTERFERENCIA ENTRE LOS FENÓMENOS GRAVITACIONALES Y LA ACTIVIDAD HUMANA: LOS RIESGOS

La dilatada historia de la ciudad de Segovia, cuyo entorno ha sido habitado por el hombre desde la Prehistoria, ha provocado una continua interacción de la actividad antrópica con los procesos gravitacionales descriptos.

Al tratarse de un conjunto urbano, la interacción proceso-hombre se refleja en doble sentido: afectaciones a edificaciones y vías de comunicación, e inducción de nuevos fenómenos por el establecimiento inadecuado de usos o inapropiado diseño de las obras.

Los asentamientos iniciales neolíticos se centraron en los valles o en la parte culminante de los relieves estructurales (*laderas*), áreas donde los procesos gravitacionales están atenuados, por lo que los riesgos no se consumaron. Es durante la dominación romana y, fundamentalmente, a partir de la repoblación de la ciudad en la Baja Edad Media, cuando la ocupación de zonas de alto riesgo lleva a la aparición de sucesos catastróficos. La rápida expansión areal de la ciudad en el último siglo y la construcción de nuevas vías de comunicación han contribuido notablemente a esta interacción. De todos los elementos edificados en la ciudad, es precisamente la muralla medieval que circunda el recinto histórico la que, por su situación, más ha sufrido daños debidos a desprendimientos, vuelcos y deslizamientos traslacionales. Desde su construcción en los siglos XI y XII, son continuas las referencias documentales a estos acontecimientos, las cuales se encuentran puntualmente reflejadas en los Libros de Acuerdos del Ayuntamiento de Segovia (cuadro 1).

Otras edificaciones afectadas por los desprendimientos son las situadas bajo cortados de dimensiones considerables, como es el caso del Santuario de N^o S^o de la Fuenteclara. En la parte moderna de la ciudad ya se han referido los ejemplos como el de la fábrica de productos alimenticios. Aparte del propio proceso de edificación, las actividades que de forma más grave han inducido fenómenos gravitacionales han sido: aperturas de vías de comunicación con inadecuado diseño de taludes, instalación de redes de abastecimiento y saneamiento actualmente con pérdidas notables y, sobre todo, actividades extractivas.

Respecto a estas últimas, las extracciones de dolomías y arenas silíceas en el entorno de la ciudad han sido tan importantes que, ya en 1451 Enrique IV, entonces príncipe de Asturias, se vio obligado a proclamar un edicto para «...que ninguno non corte ni arranque piedras algunas ni las lleve de la çerca e barrancana desa dicha ni çibdad ni de las que se cayeren dello ni cortar peñas ni piedras ni muelas de molino... e si en ello no se veyese seria causa de se cabar la dicha çerca».

El inadecuado diseño de algunas vías de comunicación en zonas de alto riesgo, tal y como el paseo

CUADRO 1

EXTRACTOS DEL LIBRO DE ACUERDOS DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO DE SEGOVIA Y FECHAS DE LOS MISMOS, REFERIDOS A FENÓMENOS GRAVITACIONALES QUE HAN AFECTADO A LA MURALLA DE LA CIUDAD DE SEGOVIA. DOCUMENTACIÓN CEDIDA POR J. ANTONIO RUIZ HERNÁNDO (INÉDITO)

1627	Aviso de Zurro informa, en relación a la muralla, que "... cerca de los muros y en camino se saca piedra y en otras partes arena de que puede resultar por falta de cemento que se caigan especialmente en aquella parte de la puerta de San Cabrian a la de San Juan donde se ha mostrado este año".
1645	Caido de un lienzo de la muralla
1713	Desplome de la muralla a espaldas de la Casa Vieja de la Menada. Ocasiónó grandes daños a las casas.
1772	Se informa que "...los areneros hacen grandes cuevas y aberturas en el camino de Santa Cruz las que dan motivo a que se arruinan las murallas y se causen otros muchos daños y perjuicios".
1800	Reconocimiento de los murellins de San Cabrián por desprendimientos de piedras.
1821	Se informa que, de la casa de D. Julián Tomé, "... se está "desplomando un gran peñasco que caerá sobre dos casas del camino de Santa Lucía".
1825	Se pide licencia para "sacar piedra del peñasco desgado frente al convento de Santa Cruz".
1828	Alega informa que frente a Santa Cruz se ha desprendido "un trozo de roca viejo la muralla que está amenazado en otro sitio con inminente peligro".
1840	Se informa que "... a la derecha del (camino) que va de Santa Cruz a San Lorenzo cuasin de Santa Lucía han hecho los areneros una cueva considerable que está amenazando ruina y puede ocasionar desgracias". Se prohíbe que saquen arena bajo ningún pretexto.
1856	"Las filtraciones de aguas de la Fie de Santa Lucía y otras servidumbres particulares han causado un desplome del terreno próximo al paseo de la Alamedilla y conociendo la causan graves males al camino de aquel nombre".
1887	"... se desprendió un gran témpano de roca que produjo un extraordinario movimiento en la antigua muralla de la ciudad...".

de Santo Domingo de Guzman, la cuesta de los Hoyos, la curva de subida a la Lastrilla en las inmediaciones del Parador, el tramo inicial de la Vía Roma o la propia estación de ferrocarril, han inducido o reactivado los procesos que en esas laderas tentan lugar, causando en ocasiones importantes daños económicos.

Por último, las pérdidas del alcantarillado y de la red de abastecimiento en el recinto amurallado han contribuido de forma notable a facilitar mucho los fenómenos referidos, aumentando la carga y disminuyendo el rozamiento interno de los materiales, a la vez que inducían procesos de soliflucción.

4. ZONACIÓN DE RIESGOS

En base a los parámetros referidos se ha elaborado una cartografía simplificada de riesgos basada parcialmente en Flageolet (1989) (Fig. 2). Los parámetros considerados han sido:

- Litología.
- Morfodinámica de las laderas.
- Condiciones microclimáticas.
- Registro histórico de eventos o sucesos.

Se han diferenciado 5 grandes conjuntos de riesgo (alto, medio, bajo, muy bajo y nulo), y dentro de ellos 10 tipologías de riesgo según la clase potencial de procesos que las pueden afectar:

4.1. Riesgo alto

Corresponden a aquellos lugares donde se localizan fenómenos actuales o subactuales. Se trata de deslizamientos antiguos y zonas en donde las arenas han sido removilizadas (normalmente por antiguas actividades extractivas) y mezcladas con estréiles, suelos y coluviones, confiriéndoles una alta susceptibilidad a deslizar. Normalmente presentan deslizamientos rotacionales, cuyo origen ha sido la inducción humana (zona de la estación de ferrocarril y cabecera del arroyo Tejadilla). Por otro lado se incluyen taludes verticizados en proceso de desmembramiento en litologías dolomíticas, más frecuentes en laderas de umbría.

Son zonas donde es probable que se produzcan movimientos de forma natural y muy probable de forma inducida. El riesgo no debería ser asumible a no ser que fuera imprescindible, para lo cual habría que establecer medidas preventivas de tipo estructural de cierta importancia.

4.2. Riesgo medio

Asumibles con medidas preventivas de cierta importancia. Sería necesario establecer medidas disuasorias en el tipo de actividad, en su localización y en el grado de ocupación que eviten fenómenos por inducción.

— *Laderas en materiales arcillo-arenosos cretácicos o sobre formaciones superficiales asociadas a ellas.* Presentan riesgo de deslizamientos rotacionales y movimientos de flujo (reptación y solifluxión). La presencia o no de vegetación de porte arbóreo y arbustivo en la vertiente condiciona el que se haya llegado a una regularización de la misma o, por el contrario, que los fenómenos gravitacionales se combinen con arroyada difusa y concentrada. La existencia de manantiales puede ser el origen de movimientos de cierta importancia.

— *Taludes de ruptura de la superficie culminante de los relieves estructurales y de los niveles de empujamiento fluvial.* Corresponden a laderas más o menos escarpadas en dolomías, margas y areniscas dolomíticas con desprendimientos por socavación lateral, deslizamientos basales y colapsos de abrigos, así como vuelcos y deslizamientos traslacionales. Cartográficamente se asigna a una franja de anchura variable en la que se engloban tanto la cabecera, donde se producen grietas que desprenden el material, como los primeros metros de la parte superior de la ladera, donde se produce la caída y acumulación de lo desprendido. De nuevo los procesos son más efectivos en laderas de umbría.

4.3. Riesgo bajo

Asumible con medidas de tipo disuasorio y preventivo que eviten riesgos inducidos.

— *Laderas de elevada pendiente en los materiales gneísicos y graníticos con recubrimientos asociados.* Se localizan en las vertientes de los valles principales y en las rupturas de pendiente más importantes con el glacis de degradación de la superficie tipo «pediment». Cuando aflora el sustrato se producen desprendimientos por gelifracción, mientras que cuando existen recubrimientos superficiales dominan los movimientos de flujo tipo reptación.

— *Zonas llanas o de ligera pendiente desarrolladas en las arenas y arcillas cretácicas.* Se localizan allí donde el frente de cuesta prolonga su parte más baja, desarrollándose un surco subsecuente e interfluvios podzolizados. Presentan riesgo de: pequeños deslizamientos asociados a la dinámica torrential superficial o flujos subsuperficiales; movimientos de flujo de tipo solifluxión, y coladas de barro en épocas de fuertes precipitaciones. Los procesos más importantes pueden producirse únicamente de forma inducida, al excavar dichos materiales y crear zonas en pendiente.

— *Laderas en los materiales carbonáticos sin fuertes rupturas de pendiente ni taludes.* Suelen ser partes regularizadas sin procesos de zapado ni sobreexcavación, que sin embargo presentan riesgo de inestabilizarse por erosión remanente de torrentes y cárcavas o por deslizamientos inducidos. Cuando presentan un ligero recubrimiento facilitan la existencia de movimientos de flujo de tipo reptación.

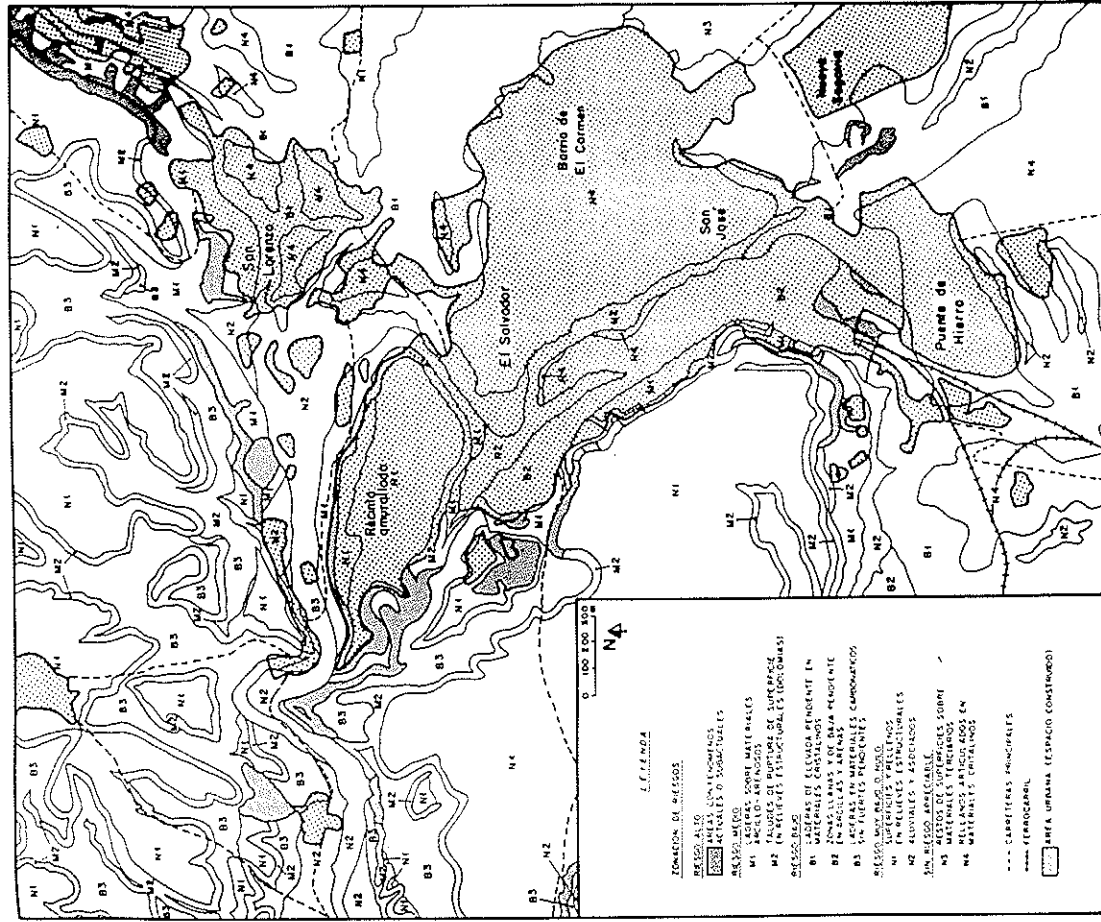


FIGURA 2. Mapa de riesgos asociados a la dinámica gravitacional del entorno de la ciudad de Segovia.

4.4. Zonas de riesgo muy bajo

En realidad se trata de procesos similares a los anteriores, sólo que presentan una menor extensión areal, o bien son poco frecuentes.

— *Superficie cubrimiento, replanos y terrazas extractivas en los relieves estructurales.* Zonas de escasa pendiente y ligeramente apartadas de los taludes de ruptura. El único riesgo gravitacional factible sería desprendimientos por colapsos de conductos cársticos subterráneos, pero serían locales y de escasa importancia e incidencia. A ello habría que añadir un posible riesgo de desprendimiento por la llegada y acumulación de materiales desde las laderas para aquellos replanos intercalados en las vertientes.

— *Llanuras aluviales, fondos aluviales-cotuviales (navas) y conos de deyección.* Únicamente pueden presentar movimientos de reptación y flujo (soliflucción) cuando existe una cierta pendiente. Localmente pueden producirse colapsos de conductos de subflujo de escasa importancia.

4.5. Zonas sin riesgo apreciable

— *Restos de superficies sobre materiales terciarios.* Se limitan a un pequeño afloramiento al SE de la ciudad en el que la escasa pendiente limita los procesos gravitacionales a flujos de tipo creep.

— *Superficie tipo «pediment» y replanos de degradación de la rampa.* Son las zonas de más bajo riesgo por la consistencia de los materiales y la baja pendiente, localizándose sólo de forma local movimientos de flujo entre los pequeños cambios de pendiente existentes entre los replanos.

5. DISCUSIÓN

El análisis de fenómenos gravitacionales en el entorno de la ciudad de Segovia ha puesto de manifiesto la importancia de la actividad humana en la inducción de riesgos gravitacionales. Las características del medio natural en el que se ubica la ciudad de Segovia son muy similares a las existentes en todos los frentes de cuevas desarrollados en los materiales cretácicos al NW de la Sierra de Guadarrama. Sin embargo, únicamente en el entorno de esta ciudad se producen, y se han producido recientemente, movimientos gravitacionales de cierta importancia.

Entre los procesos que más han inducido los fenómenos referidos (desprendimientos, deslizamientos...), se encuentran las actividades extractivas de arenas y arcillas, de gran importancia relativa en las proximidades de la ciudad en los últimos, al menos, 500 años.

Se debe insistir por último en la necesidad de realizar análisis de riesgos geológicos en los procesos de planificación y ordenación territorial con el fin de evitar realidades como el hecho de que una buena parte del polígono industrial de Segovia, y varias construcciones próximas a la estación de ferrocarril (incluyendo la propia estación) se sitúen en zonas de alto riesgo de deslizamientos, en muchos casos consumados, que están produciendo actualmente graves daños en las estructuras y cimentaciones de varios edificios.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Rosa M^a Carrasco, del profesor Javier de Pedraza por la supervisión del trabajo y del historiador J. Antonio Ruiz Hernando por la cesión del material histórico referido en el texto.

BIBLIOGRAFÍA

- COROMINAS, J. (edit.) (1989): *Estabilidad de taludes y laderas naturales*. Serie Monografías Soc. Española de Geomorfología, nº 3, 248 pp.
- FLAGEOLLET, J. C. (1989): *Les mouvements de terrain et leur prévention*. Ed. Masson, Collection Géographie, 223 pp.
- PEDRAZA, J. et al. (1991): «Geomorfología de la Hoja de Segovia (483): Mapa y memoria», en Mapa geológico de España a escala 1:50.000 (Serie MAGNA). Ed. ITGE, Madrid.